

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-139824

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl.

G03F 1/08  
G02F 1/1335  
G03F 7/20  
H01L 21/027

(21)Application number : 2000-334306

(71)Applicant : RICOH OPT IND CO LTD

(22)Date of filing : 01.11.2000

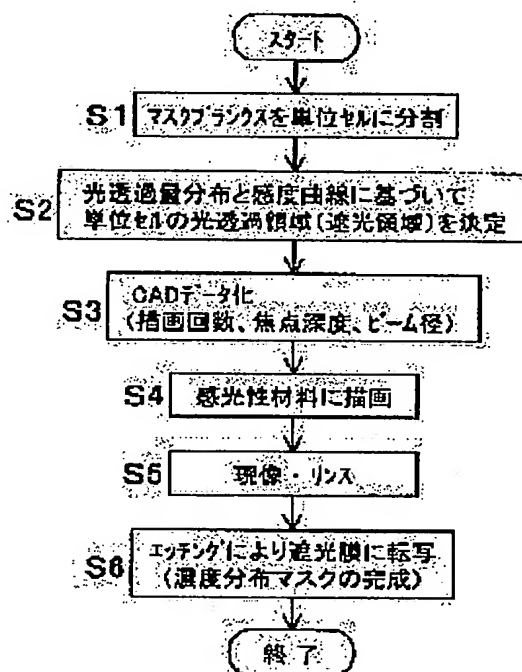
(72)Inventor : UMEKI KAZUHIRO

(54) DISTRIBUTED DENSITY MASK AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME BY MULTISTAGE EXPOSURE METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To inexpensively and easily produce a distributed density mask at a high production speed without requiring a special equipment.

SOLUTION: A mask blank is divided into unit cells and light transmissive regions or light shielding regions of the respective unit cells are determined. The determined light transmissive regions or light shielding regions are disposed on each grid and necessary pattern forming frequency, focal depth and beam diameter are calculated by CAD(computer aided design) and converted into data. A sensitive material on the mask blank is multistage-patterned by prescribed frequency on the basis of the data under prescribed conditions (focal depth and beam diameter) and the mask blank is developed and rinsed to obtain a three-dimensional sensitive material pattern. The shape of the sensitive material pattern is transferred to a light shielding film by etching.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] In the concentration distribution mask used at the process for forming the photosensitive ingredient pattern of the three-dimensional structure on a substrate The field used for exposure is divided by the unit cell of a suitable configuration and magnitude without the clearance. A part of [ at least ] unit cells are equipped with the protection-from-light pattern set up so that the amount of light transmission or the amount of protection from light might serve as a value according to the height of the location where said photosensitive ingredient pattern corresponded. The protection-from-light pattern is a concentration distribution mask characterized by for light transmittance changing from the core of a unit cell toward the circumference, and having predetermined optical density.

[Claim 2] Said protection-from-light pattern is a concentration distribution mask according to claim 1 from which the cross-section configuration of a light transmission part changes smoothly, and light transmittance is changing continuously.

[Claim 3] In the concentration distribution mask used at the process for forming the photosensitive ingredient pattern of the three-dimensional structure on a substrate The field used for exposure is divided by the unit cell of a suitable configuration and magnitude without the clearance. A part of [ at least ] unit cells are equipped with the protection-from-light pattern set up so that the amount of light transmission or the amount of protection from light might serve as a value according to the height of the location where said photosensitive ingredient pattern corresponded, and the protection-from-light pattern divides a unit cell into a grid. The concentration distribution mask with which light transmittance in a grid is characterized by changing to discontinuity and having the predetermined amount of light transmission as the whole unit cell.

[Claim 4] Said unit cell equipped with the protection-from-light pattern with which the amount of light transmission or the amount of protection from light was set up is a concentration distribution mask according to claim 3 with which it has the grid which has the light transmittance to which permeability is located in 0% and 100% of middle, a grid is arranged, and the synthetic amount of light transmission of a unit cell is controlled so that light transmittance changes to discontinuity within a unit cell, and halftone is realized.

[Claim 5] In the manufacture approach of the concentration distribution mask used at the photoengraving-process process for forming the photosensitive ingredient pattern of the three-dimensional structure on a substrate Mask BURANKUSU by which the light-shielding film was formed on the transparence substrate, and the photosensitive ingredient film was further formed on it is prepared. Drawing to the photosensitive ingredient of said mask BURANKUSU is divided into the drawing process by the light or the electron ray covering the whole surface of multiple times. The manufacture approach of the concentration distribution mask characterized by being based on the multistage story exposure approach of setting up the count of drawing for every unit cell, according to the amount distribution of light transmission searched for based on the three-dimensional structure design value of the photosensitive ingredient pattern which it is

going to form, and the sensibility property of the photosensitive ingredient of said mask BURANKUSU.

[Claim 6] The manufacture approach of a concentration distribution mask according to claim 5 of changing the focal depth for every drawing process of said drawing.

[Claim 7] The manufacture approach of a concentration distribution mask according to claim 5 or 6 of changing a beam diameter for every drawing process of said drawing.

[Claim 8] The manufacture approach of a concentration distribution mask given in either of claims 5-7 which contain (E) from the following steps (A).

The unit cell of a suitable configuration and magnitude divides without a clearance the field which should generate a concentration distribution mask. (A) Said amount distribution of light transmission, The step which determines the light transmission field or protection-from-light field of each of said unit cell based on the sensitivity curve which mathematized said sensibility property, (B) It is based on the light transmission field or protection-from-light field determined at the step (A). The depth of focus and the beam diameter in each drawing process are calculated in the count of drawing of each unit cell, and a list on CAD. It is based on the data called for by the data-ized step and the (C) step (B). the step which irradiates the photosensitive ingredient of said mask BURANKUSU and draws, the step which develops mask BURANKUSU after (D) exposure and forms the photosensitive ingredient pattern of the three-dimensional structure, and (E) -- the step which imprints the photosensitive ingredient pattern to said light-shielding film by etching.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of the concentration distribution mask (reticle) used in case goods with the shape of surface type of the three-dimensional structure are manufactured, and such a concentration distribution mask. The concentration distribution mask manufactured by this approach fits manufacture of the goods which have the shape of surface type of the detailed three-dimensional structure especially, and can mention the optic manufacture field, the micro-machining field, the display field for wall tapestry TV, the liquid crystal display field, the solar-battery manufacture field, etc. as a technical field applied, for example.

[0002]

[Description of the Prior Art] The special field configuration represented in the spherical surface, the aspheric surface, etc. is increasingly used for the refracting interface and reflector of an optical element. Moreover, the micro lens etc. is asked for the special field configuration in relation to the liquid crystal display component, the liquid crystal projector, etc. in recent years. then, as an approach of forming without depending a refracting interface and a reflector on die forming or polish The layer of a photoresist (example of representation of a photosensitive

ingredient) is formed in the front face of an optical substrate. It exposes through the concentration distribution mask which has two-dimensional permeability distribution to this photoresist layer. A convex configuration or a concave surface configuration is acquired as the shape of surface type of a photoresist by development of a photoresist. By performing anisotropic etching after an appropriate time to a photoresist and an optical substrate, carving and carrying out the copy of the shape of surface type of a photoresist to an optical substrate, and imprinting it to it. Acquiring the configuration of the refracting interface of the desired three-dimensional structure or a reflector on the front face of an optical substrate is known (see JP,7-230159,A and the Patent Publication Heisei No. 504515 [ eight to ] official report).

[0003] There, the concentration distribution mask (gradation mask (GM)) in which transmission had the two-dimensional transmission distribution which changes gradually corresponding to the shape of surface type as a concentration distribution mask used in order to acquire the shape of special surface type of the three-dimensional structure of a refracting interface, a reflector, etc. is used.

[0004] With the concentration distribution mask indicated by the Patent Publication Heisei No. 504515 [ eight to ] official report, in order to form the pattern of two-dimensional permeability distribution, it divides into the unit cell which calls a mask pattern optical transfer opening, and it is set up so that the opening dimension of each unit cell may serve as the amount of light transmission or the amount of protection from light according to the height of the location where the photoresist pattern which it is going to form corresponded. The permeability of the field whose permeability of light it is constituted by two kinds, the field whose permeability of light, as for the light-shielding film pattern of the unit cell, a light-shielding film exists, and is 0%, and the field whose permeability of light there is no light-shielding film and is 100%, and is 0%, and light is arranged so that the field which is 100% may be mutually brought near by the one direction and it may become one lump. the wavelength of the light which uses the lower limit of a light-shielding film pattern for exposure -- short -- \*\*\*\* -- it needs -- it is overly a detailed pattern.

Moreover, the drawing approach by electron beam (EB) exposure is taken as the manufacture approach.

[0005] The manufacture approach of the concentration distribution mask by changing the amount of light transmission in a unit cell is indicated by JP,7-230159,A by changing the laser light exposure quantity of light at the time of drawing within a unit cell.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] There are the following problems in the concentration distribution mask indicated by the Patent Publication Heisei No. 504515 [ eight to ] official report.

\*\* EB drawing takes great time amount. That is, concentration distribution mask manufacture takes a great effort and cost.

\*\* Since detailed drawing is overly required, the expensive drawing equipment of dedication is required.

\*\* If the manufactured concentration distribution mask is used, a level difference will be exposed by the photosensitive ingredient between a field with a light-shielding film, and the field which is not, and it will not become a smooth configuration.

\*\* Since the light-shielding film pattern is overly detailed, the light at the time of contraction exposure tends to start diffraction, and the adjacent effect between unit cells arises. Therefore, many know-how are recording is required.

[0007] As compared with invention indicated by the Patent Publication Heisei No. 504515 [ eight to ] official report, since the dedicated device is unnecessary, the manufacture approach of a concentration distribution mask given in JP,7-230159,A has the merit of the diffraction of light with few adjacent effects which can be manufactured by low cost in a short time and which can manufacture a smooth configuration not arising. However, the new program for carrying out the power modulation of laser for every unit cell needs to be required for this approach, and it needs to synchronize this program and a drawing configuration program. Moreover, the pattern configuration of drawing is restricted to the circle configuration.

[0008] then -- without permeability needs special equipment for the concentration distribution

mask which has the concentration distribution which changes smoothly, and such a concentration distribution mask that this invention should solve the trouble of the above-mentioned conventional example -- cheap -- and -- easy -- a manufacture rate -- it aims at offering the manufacture approach which can be manufactured quickly.

[0009]

[Means for Solving the Problem] the field which use the concentration distribution mask of this invention at the process for form the photosensitive ingredient pattern of the three-dimensional structure on a substrate, and be use for exposure be divide by the unit cell of a suitable configuration and magnitude without the clearance, and a part of [ at least ] unit cells be equip with the protection from light pattern set up so that the amount of light transmission or the amount of protection from light might serve as a value according to the height of the location where said photosensitive ingredient pattern corresponded. Light transmittance shall change from the core of a unit cell toward the circumference, and the protection-from-light pattern shall have predetermined optical density. If it is made the protection-from-light pattern to which light transmittance changes from the core of a unit cell toward the circumference, the effectiveness of being easy to predict the effect of the adjacent effect of the approaching unit cell, and the effectiveness that there is little diffraction of light can be attained.

[0010] As for a protection-from-light pattern, it is desirable that the cross-section configuration of a light transmission part changes smoothly, and light transmittance is changing continuously. If it exposes using the concentration distribution mask equipped with such a protection-from-light pattern, a level difference will not be formed in a photosensitive ingredient and it will become a smooth configuration. Moreover, there are also few adjacent effects between unit cells, without the light at the time of contraction exposure starting diffraction, since [ whose a light-shielding film pattern is exposure wavelength extent ] it does not need to be overly detailed.

[0011] Moreover, a unit cell shall be divided into a grid, the light transmittance in a grid shall change to discontinuity, and the protection-from-light pattern shall have the predetermined amount of light transmission as the whole unit cell. In that case, when the grid which has the light transmittance located in 0% and 100% of middle is arranged, light transmittance changes to discontinuity and light transmittance controls the synthetic amount of light transmission of a unit cell, it is desirable that halftone can be acquired now.

[0012] The description of the concentration distribution mask of this invention is to, control the amount of transparency of light on the whole, in order to form a desired configuration. Therefore, the protection-from-light pattern may be changing continuously and may be changing nonsequentially. Since the dimension of a grid can be made small, it becomes possible to arrange the grid which has middle permeability in discontinuity (for example, random) as the approach of arrangement. Moreover, a grid with the same permeability can also be arranged as massive. If this method is advanced, it will become the continuous concentration distribution arrangement. The grid part has pointed out the part on the scanning line by the laser beam or the electron ray (EB). One unit of a grid is the product of the distance which scans the diameter of the beam of laser or an electron ray in the minimum time amount which carries out ON/OFF. For example, in the beam diameter of 0.2 micrometers, and the scan distance of 0.2 micrometers at the time of ON/OFF, a unit grid is 0.2micrometerx0.2micrometer.

[0013] If it is used not only at the concentration distribution mask indicated above but at the process for forming the photosensitive ingredient pattern of the three-dimensional structure on a substrate, let altogether the concentration distribution mask manufacture approach of this invention be the object. Mask BURANKUSU by which the light-shielding film was formed on the transparence substrate, and the photosensitive ingredient film was further formed on it in this invention is prepared. Drawing to the photosensitive ingredient of mask BURANKUSU is divided into the drawing process covering the whole surface of multiple times. According to the amount distribution of light transmission and the sensibility property of the photosensitive ingredient of mask BURANKUSU which were searched for based on the three-dimensional structure design value of the photosensitive ingredient pattern which it is going to form, a concentration distribution mask is manufactured by the multistage story exposure approach of setting up the count of drawing for every unit cell.

[0014] If it states more concretely, a desired three-dimensional structure design will be performed separately. A concentration distribution mask is manufactured based on this design. Specifically according to the amount distribution of light transmission of the unit cell by the sensibility property of the photosensitive ingredient on mask BURANKUSU, and desired geometric design, the count of drawing by the laser or the electron ray which irradiates a photosensitive ingredient directly is set as a multistage story. There is an important thing here, saying "the count of drawing is set as a multistage story". "it means that the laser or the electron ray which scans the unit-cell top to observe passes two or more times. That is, since it means only carrying out multiplex writing to the flume which sets up the count of drawing, special actuation is not needed.

[0015] Although the count (frequency) of multiplex writing changes with classes of photosensitive ingredient, since the resist of a drawing part is removed in development, for example in POJIREJISUTO, it exposes many grid parts which want to make [ many ] the amount of light transmission. In drawing of each time, when a laser beam or an electron ray beam scans a mask BURANKUSU top, the whole surface is irradiated. Although it is natural, in NEGAREJISUTO, many grid parts of protection from light are exposed. This control is controlled by "the count of drawing", and "Drawing ON and OFF" for every grid. Although it is thought that many efforts are required, controlling by "the count of drawing", and "Drawing ON and OFF" Electrically the point whose high-speed beam scan will be attained if it is low power, and Drawing ON and OFF by the easy program A point controllable highly precise, Electrically, from the point that modification is easy, this control is very easy and focal repositioning (depth modification) and changing the point which can be set up easily electrically, and the beam diameter at the time of an exposure can also be drawn at a high speed.

[0016]

[Embodiment of the Invention] The concentration distribution mask manufacture approach of this invention is equipped with the following steps as shown in drawing 1.

(A) The step which divides mask BURANKUSU into a unit cell (step S1). That is, from a desired three-dimensions configuration, mask BURANKUSU is divided in the shape of a grid, and the array design of the 2-dimensional optical intensity-distribution pattern of the concentration distribution mask which it is going to obtain is carried out at the shape of a grid.

[0017] (B) The step which determines each light transmission field or protection-from-light field of a unit cell based on the mathematized "sensitivity curve" which is determined from the sensibility of processing process conditions and a photosensitive ingredient (step S2).

(C) The step which calculates the count of drawing required of CAD (Computer Aided Design), the depth of focus, and a beam diameter by arranging the light transmission field or protection-from-light field by which a decision was made [ above-mentioned ] to "each grid", and is data-ized (step S3).

[0018] (D) The drawing step to which only a count predetermined on predetermined conditions (the depth of focus, beam diameter) carries out a large number (multistage story) time drawing of the photosensitive ingredient on mask BURANKUSU based on the data of a step (C) (the count of drawing is changed by the unit cell) (step S4). This step carries out multistage story drawing drawing 2 (a) - (d) So that it may be shown. Here, the case where it draws in 4 steps as an example is shown, and when only the required count of the 4 times of inside draws, the amount of light transmission of the unit cell is determined. Drawing shown in the topmost part as (A) is a drawing pattern at the time of drawing these 4 times of all.

[0019] Drawing of each time meets the scanning line as shown in the upper right of drawing 2 by the arrow head, scans a light beam or two or more electron ray beams sequentially simultaneous, and is performed by controlling "Drawing ON and OFF" for every grid. It is set up so that drawing fields may differ in each time.

[0020] The light transmittance change in a unit cell "may change from a core toward the circumference", and "a unit cell may be divided into a grid and light transmittance may change to discontinuity in the grid." Light transmittance can arrange to a grid "the part which has middle permeability" which shows 0% and 100% of middle value. That is, the part which has middle permeability like the light transmittance which shows 0% and 100% of middle value, for example,

30%, 50%, and 70% can be arranged.

[0021] Since the dimension of a grid can be made small, it becomes possible to arrange the grid which has middle permeability in discontinuity (for example, random) as the approach of arrangement. Moreover, a grid with the same permeability can also be arranged as massive. If this method is advanced, it will become the continuous concentration distribution arrangement. In this case, since \*\* middle gradation can be taken very finely, a unit-cell dimension can be made small by leaps and bounds. \*\* Therefore, a desired configuration can form gradation in the configuration which changes rapidly, i.e., the sudden configuration of inclination, easily. \*\* There is an advantage of being able to equalize a contiguity cel and the amount of circumference lumps of light by carrying out a random location.

[0022] The example to which light transmittance arranges "the part which has middle permeability" which shows 0% and 100% of middle value to a grid is shown in drawing 5. Here, the one-side 1-micrometer unit cell was divided into the 0.2-micrometer one-side cel of  $5 \times 5 = 25$ . for example, the case where five steps of light transmittance parts, white, black, 30%, 50%, and 70%, have been arranged -- all -- white -- or, in the case of black, since gradation cannot become, it is all 4 gradation in this case. Therefore, it is  $4 = 25 \times 100$  gradation theoretically. That is, in n steps of concentration change, it is n-1 gradation. Moreover, gradation changes with numbers of partitions (the number of grids) of a unit cell. In the upper example, it is grid number  $x(n-1) = 25 \times 4 = 100$ . The light transmittance of a grid and the relation of gradation were set up as shown in the lower table 1.

(表 1)

光透過率	階調数
100% (白)	0
70%	1
50%	2
30%	3
0% (黒)	4

[0023] Drawing 5 shows light transmittance arrangement of the unit cell of (A)30/100 gradation, and the unit cell of (B)60/100 gradation. It is drawing 5 (D) which (C) showed the example which combined 0/100 gradation, 30/100 gradation, and 60/100 gradation, and showed the number of gradation of each grid numerically. In addition, the example of drawing 5 is the case where generated the random number and light transmission concentration distribution is formed in each grid address.

[0024] (E) The step which carries out mask BURANKUSU drawn at the step (D) development and a rinse, and obtains the photosensitive ingredient pattern of three dimensions (step S5). Although the cross-section configuration of the photosensitive ingredient pattern obtained at this step becomes like drawing 3 (1) as a concept, the cross-section configuration of the photosensitive ingredient pattern after actually developing negatives becomes a thing with the thickness distribution which continued as shown in drawing 3 (2). The notional sectional view of the photosensitive ingredient with which the mask BURANKUSU ingredient substrate was patternized for 12, and a light-shielding film (for example, Cr film) and 16a were patternized for 14 by drawing 3, and 16 are the sectional views of the photosensitive ingredient pattern after development.

[0025] (F) The step which imprints a photosensitive ingredient pattern configuration to a light-shielding film 14 by dry etching or wet etching after that (step S6). The cross-section configuration of the light-shielding film pattern 14 obtained at this step becomes a thing with the thickness distribution which continued like drawing 3 (3).

[0026] It consists of a process which carries out contraction exposure on the substrate to which a photosensitive ingredient was applied with a contraction optical-system exposure machine using that concentration distribution mask in order to have manufactured the goods of the three-dimensional structure using the obtained concentration distribution mask, a process which develop and carry out the rinse of the exposed photosensitive ingredient, and form the



photosensitive ingredient pattern of the three-dimensional structure, and a process which imprint a pattern to the above-mentioned substrate by the dry-etching method by using this photosensitive ingredient pattern as a mask. Moreover, in case it exposes at the above-mentioned contraction exposure process, the thing in the condition that the focus separated from the photosensitive ingredient layer front face to defocus (focal BOKASHI) is effective.

[0027] The optical density (optical DIN SHICHI: OD value) of the exposure beam of light which penetrates a unit cell as compared with the view of the unit cell in the concentration distribution mask indicated by the Patent Publication Heisei No. 504515 [ eight to ] official report (quotation) in this invention is designing the count of drawing, exposure power, photosensitive ingredient layer thickness, light-shielding film (for example, Cr film) thickness, and a dry etching selection ratio so that it may become the same. namely, drawing shown in the right-hand side of drawing 4 by this invention to light transmittance changing the amount of light transmission in digital one by 0% and 100% of light-shielding film by the approach of a quotation as shown in the chart on the left of drawing 4 -- like -- the amount of light transmission -- being continuous (it becoming the thickness distribution which continued by development as drawing 3 explained, although shown stair-like by a diagram.) -- it is made to change This continuous amount change of light transmission is realized by changing the cross-section configuration (thickness distribution of a photosensitive ingredient) of the photosensitive ingredient after drawing with the sensibility of the count of drawing at the time of drawing, exposure energy, and a photosensitive ingredient. In drawing 4 , the bottom is the top view of a unit cell and the bottom is a sectional view.

[0028] As the light transmittance change in a unit cell "may change from a core toward the circumference" like the example of drawing 3 and was shown in drawing 5 , "a unit cell may be divided into a grid and light transmittance may change to discontinuity in the grid."

[0029] Thickness change of the above photosensitive ingredient layer is imprinted to the light-shielding film under it (for example, Cr film) by dry etching. According to this process, change of the above-mentioned exposure conditions turns into change of the thickness difference of a light-shielding film, i.e., change of the amount of light transmission, and it appears.

[0030] The simulation prepared separately beforehand determines the above-mentioned count of drawing and exposure energy. That is, beforehand, relation between light-shielding film thickness and the amount of light transmission is graph-ized, and is mathematized. And the amount of optical density of each unit cell is determined that the set of the amount of light transmission of a unit cell (O. D.) will express a desired configuration, and distribution of the amount of light transmission is set up from a core so that it may become subsequently to the optical density. Thus, when setting up the amount of light transmission from the core of a unit cell, the amount distribution of light transmission which changes continuously from a core can be manufactured. Moreover, the amount distribution of light transmission which changes to discontinuity can also be manufactured. By arrangement of a grid with in-between light transmittance, by the discontinuous amount distribution of light transmission, random arrangement can also be performed, and it can arrange so that it may become a lump, and it can also arrange so that it may continue partially. It becomes a continuous change when changing from a core or the circumference to an one direction.

[0031] troubles, like the diffraction of \*\* light from which a manufacture configuration differs with the sense (or the light transmission part is arranged also for the same pattern where -- : -- are they facing the right or facing the left also in the same configuration?) of \*\* pattern arrangement which \*\* adjacent effect (surroundings lump of light) with high cost produces which requires \*\* manufacture time amount which is the greatest fault of the quotation approach by the above is large, and prediction of the amount of diffraction is difficult are solvable. without it needs special equipment for the mask which has the concentration distribution which changes continuously if the manufacture approach of this invention is used -- cheap -- and -- easy -- a manufacture rate -- it becomes it is quick and possible to manufacture.

[0032]

[Example] (Example)

(The configuration of the configuration in a unit cell, arrangement and "light transmission", and an "optical protection-from-light" grid, and arrangement) The configuration of the configuration



in a unit cell, arrangement and "light transmission", and an "optical protection-from-light" grid and arrangement are explained. The example shown below shows a typical example, and the dimension of a unit cell, the dimension of a grid, a location, a dimension of a radix point, etc. should not be designed corresponding to a desired configuration, and are not limited to this example. That is, since the number of gradation is determined with the dimension of each unit cell and a grid, the purpose configuration and the purpose gradation determine these dimensions.

[0033] The example which manufactures the round shape-like pattern which penetrates light at the core of a polygonal unit cell as an example of representation in the case of changing a unit-cell configuration was shown in drawing 6. This polygon configuration determines a configuration by "the approach of covering and putting a polygonal network from the upper part when a desired configuration is seen from above." When a gently-sloping curved surface continues, for example, corresponding to a desired configuration, and it consists of discontinuous fields, the optimal configuration can be determined by choosing "the most effective polygon" which discovers a concentration distribution mask property, and "its combination" by the variation of gradation. Moreover, it is determined by minutely [ how much ] the dimension of a unit cell takes required gradation to a desired configuration similarly. That is, when much gradation is needed in a short distance, it is desirable to choose the unit cell of a comparatively small dimension and to make a grid dimension (for it to be able to change easily by modification of a beam diameter) as small as possible.

[0034] The example of unit-cell arrangement of the concentration distribution mask of MLA (micro-lens array) was shown in drawing 7. Here, the example of the combination pattern of the unit cell arranged to a part for a core is shown. The example of the combination pattern of the unit cell which arranges (a) to a part for a core, and (b) show the example of the combination pattern of the unit cell arranged into a circumference part. The unit cell is shown by the continuous line and, as for the arrow head of a broken line, all show that the unit cell is arranged also in the direction.

[0035] Since (a) arranges near the core of MLA, a desired configuration is a gently-sloping curvilinear configuration. For this reason, the number of gradation is not needed so much. Therefore, it constituted from a comparatively large unit cell of a dimension, and the unit cell is arranged in the shape of a radiation.

Since (b) arranges into a circumference part, a desired configuration is a curved-surface configuration which changes rapidly. For this reason, the number of gradation needs many. Therefore, it is necessary to constitute from a unit cell with a small dimension, and to also make a dot dimension small as the four corners of MLA are approached. Moreover, it is made easy to cope with the adjacent effect of the amount of light transmission by not only a square but a triangular thing's also arranging the configuration of a unit cell, and changing the location of the dot within a unit cell.

[0036] Drawing 8 indicates how to change the amount of light transmission, or the amount of protection from light to be the difference in the location of the initial pattern used as the origin of the increment in the light transmission field in a typical unit cell, or a protection-from-light field, or reduction. In all, the outermost square expresses a unit cell, and the inside square expresses the light transmission field or the protection-from-light field, respectively. Here, the arrangement which has an origin in the center of a unit cell is expressed. At (A), there is an origin in the center of a unit cell and it expresses that the origin is arranged at either of the four corners with (B).

[0037] Drawing 9 shows the example to which opening (part without Cr) which penetrates light is made to increase. Although especially explanation is not given, it is also the same as when decreasing light transmission area. Drawing 9 (a) shows the example of being the approach of increasing area from a core spirally. This example shows the example of representation of the increment approach of the dot from a certain unit-cell No. Moreover, a certain typical increment approach or typical reduction approach per dot is shown. Therefore, and polygons, such as a rectangle and a triangle, are [ the dimension or dot dimension of an initial square configuration which have been arranged at the core of a dot shown here may not be limited to a square by this

invention, and ] sufficient as them. Moreover, the circle configuration which contains elliptical with a natural thing is sufficient. Drawing 9 (b) shows the example in case a unit cell is a forward hexagon. In this case, the dot shown in the slash section is a circle, and the amount of transparency or the amount of protection from light changes by changing that magnitude.

[0038] Although it is various when the case where it is the value of a proper at equipment, and modification are possible for the diameter of a laser beam and electron ray beam diameter at the time of drawing, although not shown in drawing, it can change with every equipment fundamentally. By changing the current value and aperture which carry out a seal of approval in the case of laser, modification is possible by changing acceleration voltage in the case of electron beam lithography. The optimal beam diameter is determined from the dimension of a desired configuration, precision, the number of gradation, etc. using this. It is in the inclination which requires time amount for drawing, so that it is thin, although the one where a beam diameter is thinner is fundamentally good.

[0039] Moreover, the focal depth at the time of drawing has the deep relation between a beam diameter or a cross-section configuration. When a beam diameter is large, modification of the focal depth is not so important, but it becomes important in being thin. It becomes possible to smooth a cross-section configuration by changing the focal depth. A cross-section configuration, a sensitivity curve, etc. are input data at the time of an input, and it opts for modification of the focal depth at the time of a design.

[0040] (Design of a concentration distribution mask) The example of the minute pitch MLA which brought contiguity spacing of a micro lens close to zero infinite is shown. MLA for liquid crystal projectors -- setting -- 0.9" -- the pixel size for -XGA is 18micrometerx18micrometer. In this MLA, when the lens agensis section every 1 micrometer each is in the both sides of a lens, even if it becomes a 17micrometerx17micrometer micro-lens field, the MLA area occupied in the whole area is set to  $17 \times 17 / 18 \times 18 = 289 / 324 = 0.892$  and it can condense all light effectively by MLA, it cannot but be 89% of condensing effectiveness. That is, it is important for raising efficiency for light utilization to make area of the agensis section of MLA small.

[0041] When using a stepper (contraction) 1/5 time, specifically, the actually manufactured concentration distribution mask reticle pattern dimension is 90micrometerx90micrometer. This one MLA is divided into a 3.0-micrometer unit cell, and it divides into the unit cell of vertical x horizontal =  $30 \times 30$  (individual) = 900 (individual).

[0042] Next, to the 2x2 unit cell (a concentration distribution mask concentration distribution mask top 6micrometerx 6 micrometers and an actual pattern 1.2micrometerx 1.2 micrometers) of a center section, cel No.1 No. (all chromium remainder) is arranged. Moreover, a lens four-corners part arranges cel No.80 No. (with no chromium remaining part). The "opening area" corresponding to \*\* "gradation" is made to correspond to the cel of No.1-No.80 in the meantime. This relation is relation obtained from an exposure process and a resist sensitivity curve. Of course, if a resist ingredient differs from a process, it is necessary to grasp a sensitivity curve each time. Thus, the CAD data of an MLA concentration distribution mask concentration distribution mask are created. In this example, the CAD program was manufactured using the formula from the relation between a sensitivity curve, Cr film thickness, and light transmittance.

[0043] (Manufacture of a concentration distribution mask) Laser light was irradiated using the laser light irradiation device (Ricoh optical incorporated company make) which shows the CAD data created as mentioned above to drawing 10, and it drew into the resist ingredient. In this laser light exposure, the optimal shape of beam can be determined according to a desired configuration, and a polygon configuration, a circle configuration, etc. can be orthopedically operated by aperture. Moreover, laser power may change the current value supplied to laser, or may insert and change an extinction filter into an optical outgoing radiation side.

[0044] The laser light irradiation device shown in drawing 10 With the optical modulator 4 and the signal from a data bus which modulate the laser light bent by the beam splitter 2 which divides the laser light from laser light oscillation equipment 1 and laser light oscillation equipment 1 into two or more laser light, the mirror 3 which bends the optical path of laser light, and the mirror 3 An optical modulator 4 is controlled. ON-OFF of each laser light The laser light from the light

modulation control unit 5 to control and an optical modulator 4. The optical deflector 6 and laser light to deflect. It consists of main component parts, such as the objective lens 7 for condensing in a resist ingredient layer, X-Y stage 8 which moves laid mask BURANKUSU in the direction of X, and the direction of Y, and the control unit 9 which controls actuation of an optical deflector 6, and actuation of X-Y stage 8 in a list.

[0045] This laser light irradiation device draws a desired mask pattern in the resist ingredient layer of mask BURANKUSU by controlling actuation of X-Y stage 8, ON-OFF of each laser light, and a deviation according to a design data. That is, pattern formation is performed two-dimensional so that laser light may be irradiated with this laser light irradiation device at a resist ingredient layer and it may become permeability distribution of a request of a light transmission field or a protection-from-light field for every unit cell. Moreover, the substrate surface height detector (AF function) is attached, and the focal location is changed by shifting slightly from AF side.

[0046] The diameter of a laser beam was performed at this example in the diameter of 0.2 micrometers, the alignment accuracy of 0.05 micrometers, and the focal location precision of 0.1 micrometers. Once not making a gradual change of the laser power at the time of drawing but exposing the whole completely by about 1/4 power low exposure power, according to a design, a still more nearly required part is piled up with 2 times, 3 times, and 4 times, and is exposed (multistage story drawing). By this, control of the energy at the time of exposure and the depth of a photosensitive ingredient are changed. In addition, a unit-cell configuration and a grid configuration should just choose a suitable thing with the target product.

[0047] It exposed to mask BURANKUSU by the predetermined approach, having installed in the laser light irradiation device which showed the CAD data created as mentioned above to drawing 10, and controlling ON-OFF and the beam exposure location, and the count of drawing of an X-Y stage and laser light. And development and a rinse were performed by the predetermined approach and patterning of the resist ingredient layer was carried out. Then, patterning of Cr film was performed in dry etching. Repeatability higher than the electron-beam-lithography approach can be acquired by controlling the count of beam drawing using the laser-beam drawing approach. When a drawing field is circular, the laser-beam drawing approach can acquire very high repeatability, when the diameter of a drawing field is 0.2 micrometers or more. If the diameter of a drawing field becomes smaller than 0.2 micrometers, repeatability will worsen, but if the dimension of a drawing field becomes smaller than 0.5 micrometers, compared with repeatability worsening, repeatability is markedly alike and excellent in the electron-beam-lithography approach. However, in this invention, laser or electron beam lithography is also realizable.

[0048] It depends for prediction of an "adjacent effect" on the configuration and the concentration change approach of a unit cell. Since a unit-cell configuration can draw correctly by the dot of a circle configuration in the case of a square or a rectangle, an adjacent effect can be predicted by count. By the following examples, the CAD program was created for the dot configuration using the circle configuration (method which increases the laser light exposure part from the core to concentric circular). Thus, the concentration distribution mask concentration distribution mask which has the target opening dimension and has concentration distribution was manufactured.

[0049] (Example of concentration distribution mask manufacture)

Manufacture of MLA for liquid crystal: In manufacturing a concentration distribution mask concentration distribution mask, TGM-950BE (Tokyo product of Adaptation) of a positive-resist ingredient was used as a resist ingredient which is a photosensitive ingredient. The concentration distribution mask should consist of unit cells divided into the square, and the amount of light transmission or the amount of protection from light in each unit cell should be controlled. Of course, what is necessary is to decide the optimal unit cell according to a desired configuration, and just to manufacture by the optimal dot. Here, in order to simplify explanation, a square explains. The control approach of the amount of light transmission has an approach to put control of \*\*Cr opening area, control of \*\*Cr thickness, \*\*\*\*, and \*\* together. Here, the approach of \*\* was adopted.

[0050] The concentration distribution mask unit-cell arrangement for manufacturing a desired configuration by the design simulator designs from data, such as "the removal thickness (thickness which remains is sufficient) relation between unit-cell pattern No. and a photosensitive ingredient", "relation between Cr film thickness and the amount of light transmission", "removal thickness (the thickness which remains is sufficient) of the count of drawing, and a photosensitive ingredient", "the optical density and Cr pattern", "the optical density, Cr thickness distribution", etc. currently prepared separately.

[0051] In order to manufacture a concentration distribution mask, on a transparency glass substrate, Cr film of for example, 150nm thickness is formed, and the above-mentioned resist ingredient is applied on it. It drew by using the laser light irradiation device of drawing 10 for the resist ingredient, and irradiating laser light. Then, by forming a mask pattern in a resist ingredient layer through development and a rinse, and carrying out dry etching of the Cr film by using the resist pattern as an etching mask, Cr film was patternized and the concentration distribution mask was manufactured.

[0052] As were shown in drawing 3 (3), and the unit cell which light transmittance change is following showed the whole surface at a list, the thing which carried out concentration distribution as a whole, or drawing 5, the unit cell whose light transmittance change of a grid is random arrangement is located in a line with the whole surface, and the done concentration distribution mask carries out concentration distribution as a whole.

[0053] If it exposes using such a concentration distribution mask, as shown in drawing 11, there will be little optical intensity distribution of the transmitted light in the center section, and they will become the configuration which increases in a periphery. Therefore, if the photosensitive ingredient of a positive type is exposed using this concentration distribution mask, the cross-section configuration of the photosensitive ingredient pattern obtained after development will be thick in the center section, and will turn into convex [ which became thin by the periphery ].

[0054] (Example 1 of the minute dimension MLA manufacture for liquid crystal) It exposes using the contraction projection aligner (1/5 stepper) shown in drawing 12 using the concentration distribution mask concentration distribution mask of the above-mentioned minute dimension MLA manufacture for liquid crystal, a resist pattern is formed, and the example of MLA for liquid crystal projectors which imprinted and manufactured it in the charge of optical device material is described.

[0055] First, the contraction projection aligner is explained. It is condensed with a condenser lens 31 and the light from the light source lamp 30 irradiates the mask 32 for exposure manufactured by this invention. Incidence of the light which penetrated the mask 32 is carried out to the image formation lens 33 of a contraction scale factor, and it carries out image formation of the contraction image of a mask 32, i.e., the contraction image of permeability distribution, to the front face of the charge 37 of optical device material laid on the stage 34. The stage 34 in which the charge 37 of optical device material was laid can be displaced to the 2-way which intersects perpendicularly mutually, and has come to be able to carry out alignment of the location of the charge 37 of optical device material to the optical axis of the image formation lens 33 according to an operation of step motors 35 and 36 in the field which intersects perpendicularly with image formation lens 33 optical axis.

[0056] The photoresist layer front face of the charge 37 of optical device material is made to carry out image formation of the contraction image of the mask 32 with the image formation lens 33. This exposure is densely performed over the whole surface of the charge 37 of optical device material. In order to manufacture MLA for liquid crystal projectors, the neo SERAMU substrate was prepared and the above-mentioned TGM-950BE resist was applied to the thickness of 8.56 micrometers on this substrate. Next, with the hot plate, it prebaked in BEKU time amount 180 seconds at 100 degrees C.

[0057] This substrate was exposed by 1/5 stepper of drawing 12. Exposure condition \*\* to the following \*\*s were performed continuously.

\*\* defocusing: -- +4-micrometer and optical dose:390mWx 0.44-second \*\* defocusing: -- +2-micrometer, optical dose:390mWx0.44 second \*\* defocusing:+0micrometer, and optical dose:390mWx -- on this condition, comprehensive light exposure is optical dose [ of 390mW ] x

1.02 seconds (illuminance: 394mJ) for 0.13 seconds. The sign of + of a display here of the amount of defocusing means that a focus is above the resist front face.

[0058] PEB (postexposure bake) was carried out for 180 seconds at 60 degrees C after exposure by this condition. Subsequently, the development of a photosensitive ingredient and a rinse were performed. Then, vacuum suction was carried out for ultraviolet rays with Mitsuteru putting for 180 seconds with ultraviolet curing equipment, and hardening of a resist was performed. Ultraviolet curing equipment carries out the optical exposure of the wavelength which can stiffen a resist with short wavelength rather than the wavelength used for exposure of a resist. The plasma-proof nature of a resist improves and can be equal now to processing at degree process with this actuation. The resist height at this time was 7.5 micrometers. The configuration was able to be manufactured according to the effectiveness of defocusing, without producing a special level difference.

[0059] then, the above-mentioned substrate was set in the TCP (inductive-coupling mold plasma) dry etching system, and dry etching was performed under conditions (degree of vacuum:  $1.5 \times 10^{-3}$  Torr, CHF<sub>3</sub>:5.0sccm, CF<sub>4</sub>:50.0sccm, O<sub>2</sub>:15.0sccm, substrate bias power:600W, up electrode power:1.25kW, and substrate cooling temperature:-20 degree C). Moreover, at this time, substrate bias power and up electrode power were changed with time, and it etched, changing so that a selection ratio may become small with time amount change. Although the average etch rate of a substrate was a part for 0.67-micrometer/, actual ETCHING time amount required 11.0 minutes. The lens height after etching was 5.3 micrometers.

[0060] (Example 2 of the minute dimension MLA manufacture for liquid crystal) Here, MLA of an aspheric surface configuration was manufactured. It carried out by changing the exposure conditions in stepper equipment using the same concentration distribution mask concentration distribution mask as the example 1 of the above-mentioned minute dimension MLA manufacture for liquid crystal. Exposure condition \*\* to the following \*\*s were performed continuously. \*\* defocusing: -- +3-micrometer, optical dose:390mWx0.16 second \*\* defocusing:+2micrometer, and optical dose:390mWx 0.23-second \*\* defocusing: -- +1-micrometer, optical dose:390mWx0.23 second \*\* defocusing:+0micrometer, and optical dose:390mWx -- on this condition, comprehensive light exposure is optical dose [ of 390mW ] x 0.92 seconds (illuminance: 359mJ) for 0.30 seconds.

[0061] PEB of a photosensitive ingredient, development, and a rinse were performed after exposure on this condition. Subsequently, hardening of a resist was performed on the same conditions as the example 1 of the minute dimension MLA manufacture for liquid crystal. The resist height at this time was 7.7 micrometers. The configuration was able to be manufactured according to the effectiveness of defocusing, without producing a special level difference. Then, the above-mentioned substrate was set in the TCP dry etching system, O<sub>2</sub> was changed into 0.9sccm(s) from 15.0sccm(s) among the conditions in the example 1 of the minute dimension MLA manufacture for liquid crystal, and dry etching was performed. Although the average etch rate of a substrate was a part for 0.55-micrometer/, actual ETCHING time amount required 14.0 minutes. The lens height after etching was 7.4 micrometers. MLA manufactured according to this example 2 was able to realize MLA with a focal distance shorter than MLA created by the example 1.

[0062]

[Effect of the Invention] In this invention, drawing to the photosensitive ingredient of mask BURANKUSU is divided into the drawing process covering the whole surface of multiple times. The amount distribution of light transmission and the sensibility property of the photosensitive ingredient of mask BURANKUSU which were searched for based on the three-dimensional structure design value of the photosensitive ingredient pattern which it is going to form are embraced. Since the concentration distribution mask was manufactured by the multistage story exposure approach of setting up the count of drawing for every unit cell, the analog mask which has the amount concentration distribution of light transmission in the direction of three dimensions at contraction optical-system exposure can be manufactured cheaply at high speed, without using special equipment.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the flow chart Fig. showing the concentration distribution mask manufacture approach of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing multistage story drawing, and is a drawing pattern when (a) - (d) draws the drawing field of each time and (A) draws these 4 times of all.

[Drawing 3] It is the sectional view of a unit cell showing the process of etching of a light-shielding film from the development and the rinse of drawn mask BURANKUSU.

[Drawing 4] It is the sectional view of the unit cell which compares the approach of a quotation with the approach of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the unit-cell-light transmittance arrangement which showed the example which divided the unit cell into the grid and formed light transmission concentration distribution, and (A) shows the example with which the unit cell of 30/100 gradation and (B) combined the unit cell of 60/100 gradation, and (C) combined the unit cell of 0/100 gradation, 30/100 gradation, and 60/100 gradation.

[Drawing 6] It is drawing showing the example of six kinds of unit-cell configurations.

[Drawing 7] It is drawing showing the example of the unit cell arranged at the concentration distribution mask of MLA.

[Drawing 8] It is drawing showing how to change the initial pattern, the amount of light transmission, or the amount of protection from light used as the origin of the increment in the light transmission field in a unit cell, or a protection-from-light field, or reduction.

[Drawing 9] It is drawing showing how to increase or decrease the light transmission field or protection-from-light field in a unit cell, and when the unit cell of (a) is a rectangle, (b) is an example in case a unit cell is a forward hexagon.

[Drawing 10] It is the outline block diagram showing an example of the laser light irradiation device used for manufacture of a concentration distribution mask concentration distribution mask.

[Drawing 11] It is drawing showing the optical intensity distribution of the transmitted light when exposing using the concentration distribution mask of one example, and the cross-section configuration of the positive type photosensitivity ingredient pattern obtained.

[Drawing 12] It is the outline block diagram showing an example of a contraction projection aligner.

[Description of Notations]

12 Mask BURANKUSU Ingredient Substrate

14 Light-shielding Film

16 Sectional View of Photosensitive Ingredient Pattern after Development

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

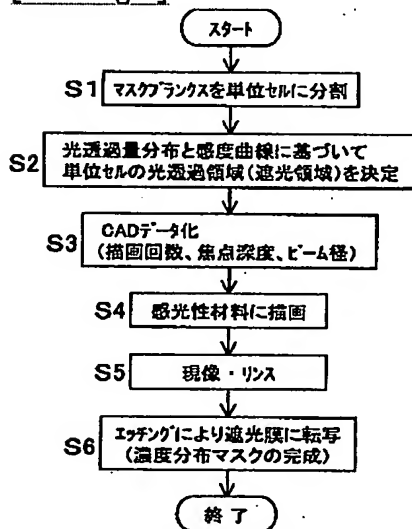
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

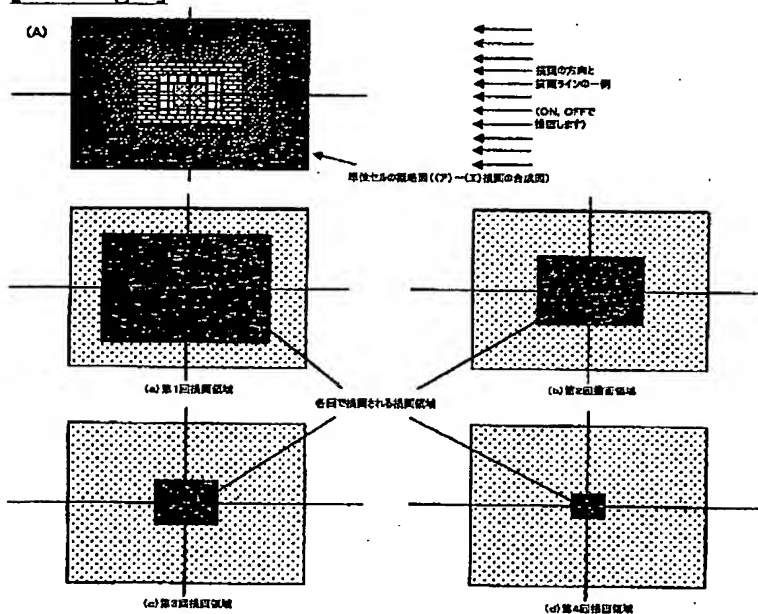
3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]

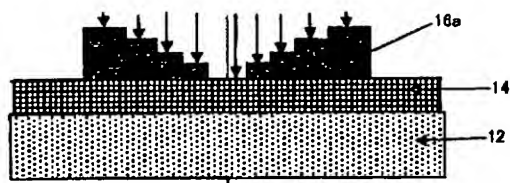


[Drawing 2]

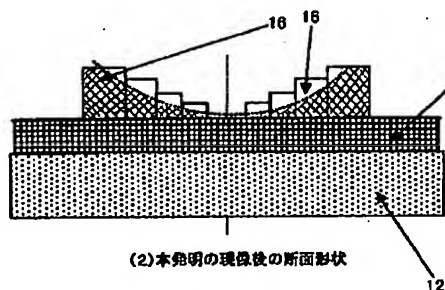


[Drawing 3]

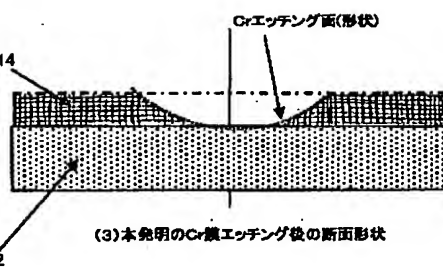




(1) 本件の描画時設計概要(設計のイメージ)

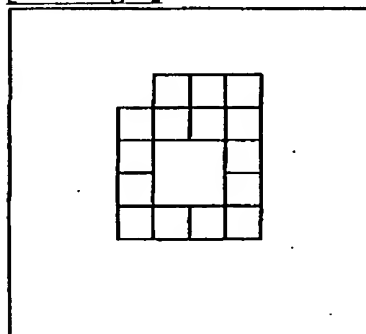


(2) 本発明の現像後の断面形状

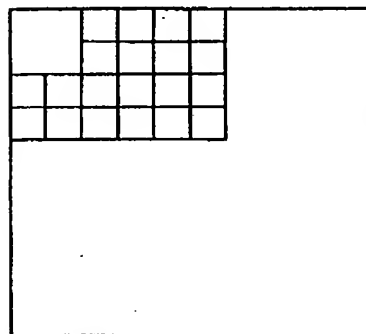


(3) 本発明のCrエッチング後の断面形状

[Drawing 8]

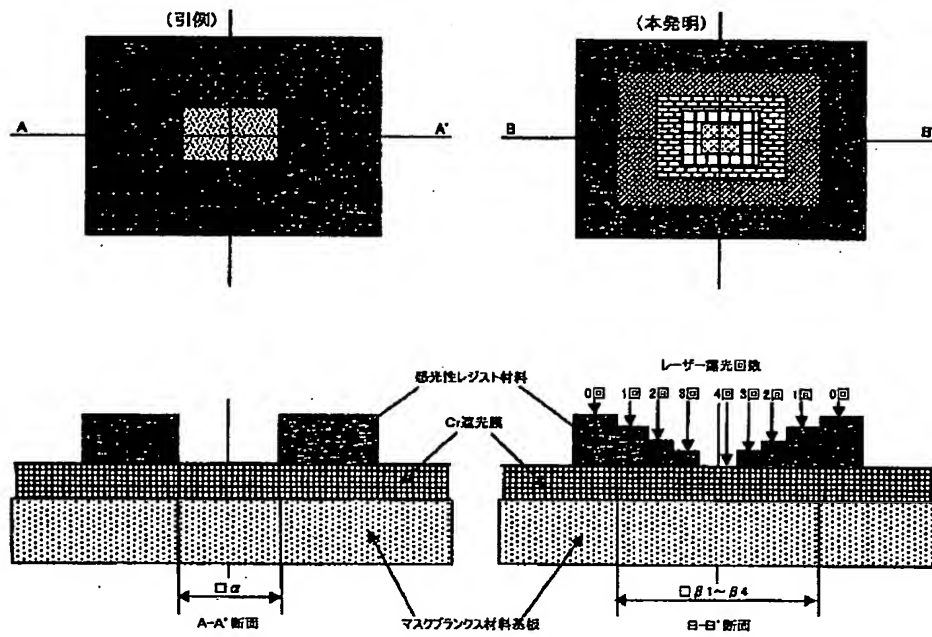


(A)



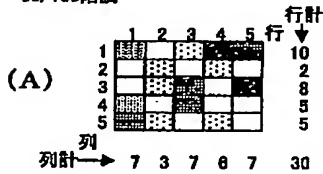
(B)

[Drawing 4]

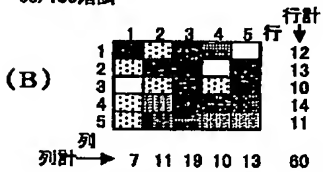


[Drawing 5]

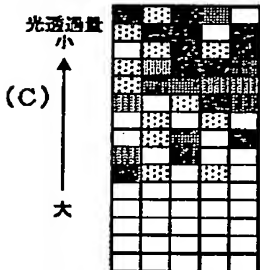
30/100階調



60/100階調

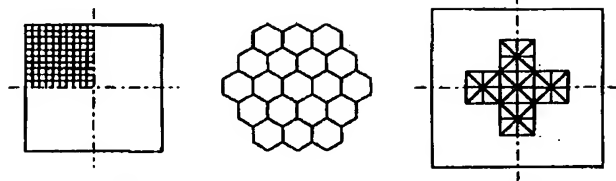


0/100階調、30/100階調と60/100階調の組み合わせ例



[Drawing 6]

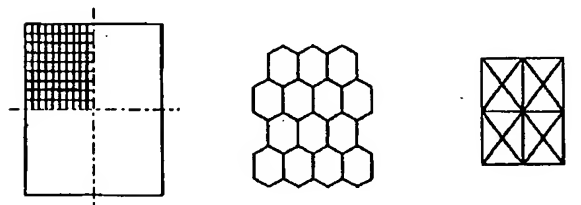
## [多角形の図]



(ア) 正四角形

(イ) 正六角形

(ウ) 直角二等辺三角形



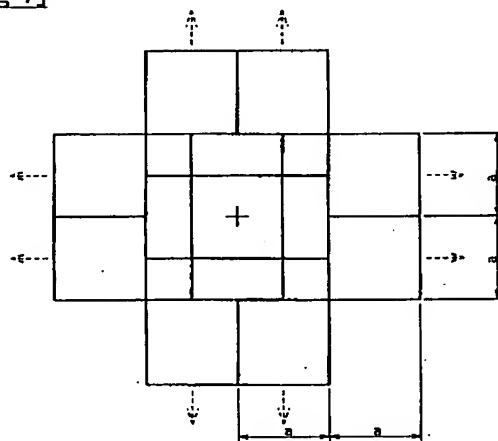
(エ) 長方形

(オ) 六角形

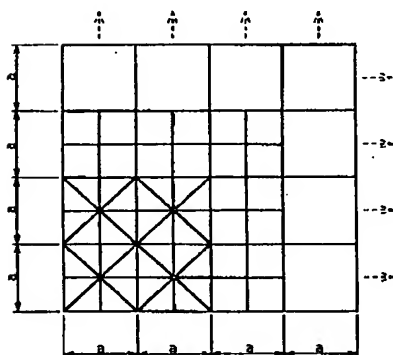
(カ) 二等辺三角形

## [Drawing 7]

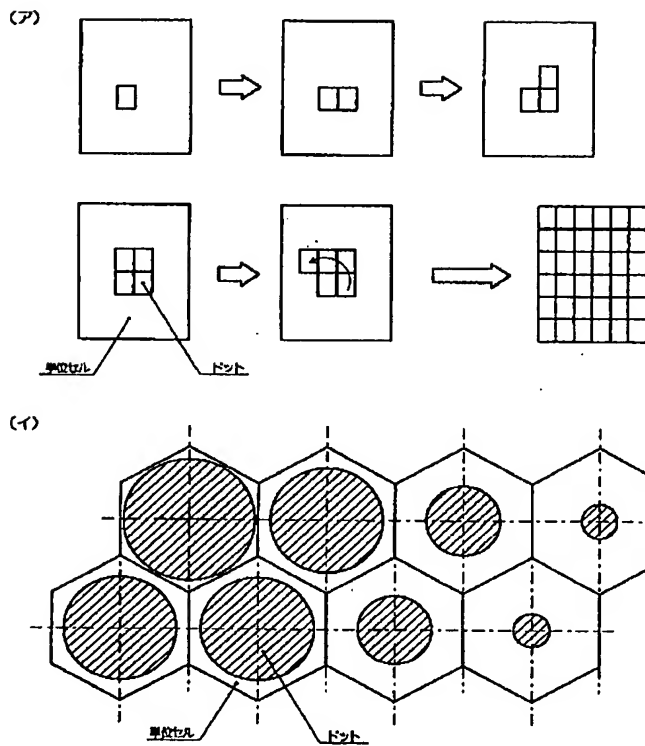
(ウ)



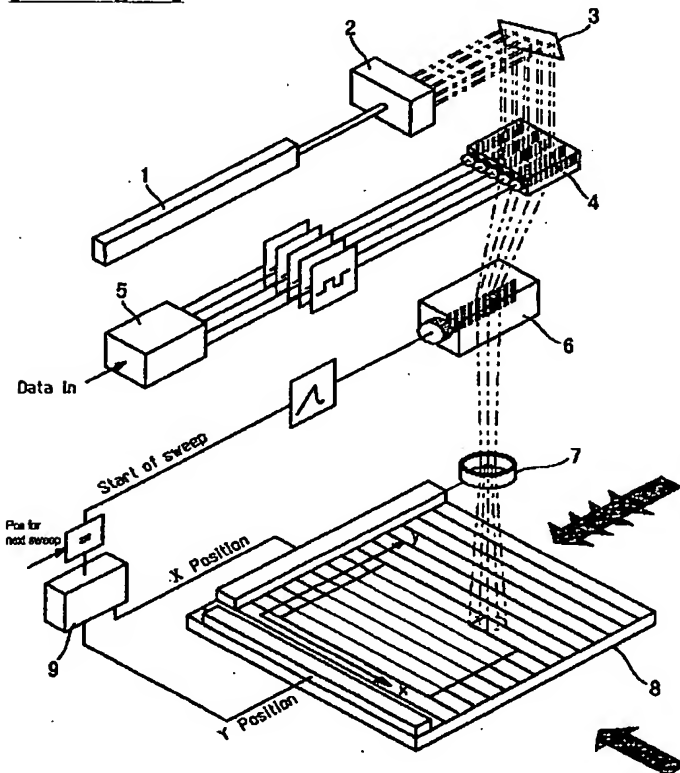
(イ)



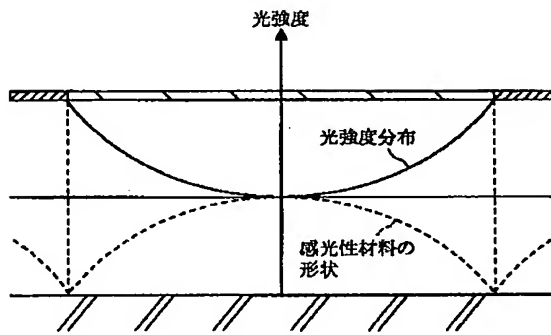
## [Drawing 9]



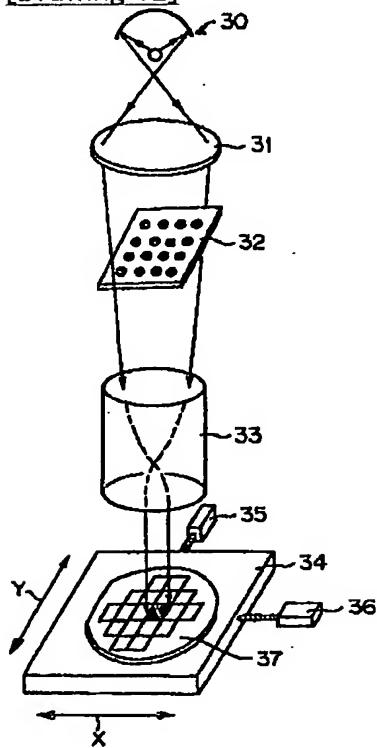
[Drawing 10]



[Drawing 11]



[Drawing 12]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-139824

(P2002-139824A)

(43) 公開日 平成14年5月17日 (2002.5.17)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	B 2 H 0 9 1
			A 2 H 0 9 5
G 0 2 F 1/1335		G 0 2 F 1/1335	2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 1	G 0 3 F 7/20	5 0 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-334306 (P2000-334306)

(22) 出願日 平成12年11月1日 (2000.11.1)

(71) 出願人 000115728

リコー光学株式会社

岩手県花巻市大畑第十地割109番地

(72) 発明者 梅木 和博

岩手県花巻市大畑第10地割109番地 リコ

ー光学株式会社内

(74) 代理人 100085464

弁理士 野口 繁雄

Fターム (参考) 2H091 FA29X FA29Z FC10 FD22

LA12 MA07

2H095 BB01 BB07 BB14 BC04

2H097 AA03 AB09 CA17 LA11 LA12

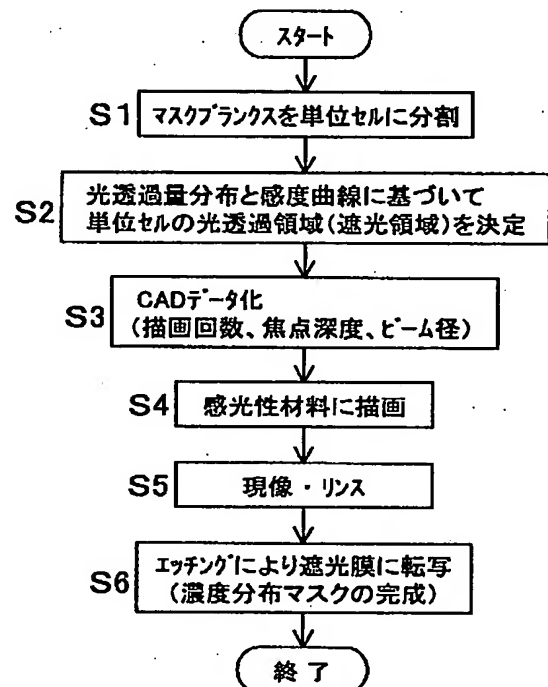
LA17 LA20

(54) 【発明の名称】 濃度分布マスク及び多段階露光方法による濃度分布マスクの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 濃度分布マスクを特別な装置を必要とすることなく安価に、しかも容易に、製作速度速く製作する。

【解決手段】 マスクブランクスを単位セルに分割し、単位セルそれぞれの光透過領域又は遮光領域を決定する。決定された光透過領域又は遮光領域を、「各グリッド」に配置してCADで必要な描画回数、焦点深度、ビーム径を計算し、データ化する。そのデータに基づいて、マスクブランクス上の感光性材料を所定の条件（焦点深度、ビーム径）で所定の回数だけ多数回（多段階）描画し、そのマスクブランクスを現像・リンスして三次元の感光性材料パターンを得る。その後、エッチングによって感光性材料パターン形状を遮光膜に転写する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に三次元構造の感光性材料パターンを形成するための工程で使用する濃度分布マスクにおいて、

露光に使用される領域は適当な形状及び大きさの単位セルにより隙間なく分割されており、  
少なくとも一部の単位セルはその光透過量又は遮光量が前記感光性材料パターンの対応した位置の高さに応じた値となるように設定された遮光パターンを備えており、その遮光パターンは単位セルの中心から周辺に向かって光透過率が変化して所定の光学濃度を有していることを特徴とする濃度分布マスク。

【請求項 2】 前記遮光パターンは光透過部分の断面形状が滑らかに変化して光透過率が連続的に変化している請求項 1 に記載の濃度分布マスク。

【請求項 3】 基板上に三次元構造の感光性材料パターンを形成するための工程で使用する濃度分布マスクにおいて、

露光に使用される領域は適当な形状及び大きさの単位セルにより隙間なく分割されており、  
少なくとも一部の単位セルはその光透過量又は遮光量が前記感光性材料パターンの対応した位置の高さに応じた値となるように設定された遮光パターンを備えており、その遮光パターンは単位セルをグリッドに分割して、グリッド内の光透過率が不連続に変化して単位セル全体として所定の光透過量を有していることを特徴とする濃度分布マスク。

【請求項 4】 光透過量又は遮光量が設定された遮光パターンを備えた前記単位セルは、透過率が 0% と 100% の中間に位置する光透過率を有するグリッドを有し、単位セル内では光透過率が不連続に変化するようにグリッドが配置され、かつ単位セルの総合的な光透過量が制御されて中間調が実現されている請求項 3 に記載の濃度分布マスク。

【請求項 5】 基板上に三次元構造の感光性材料パターンを形成するための写真製版工程で使用する濃度分布マスクの製造方法において、

透明基板上に遮光膜が形成され、さらにその上に感光性材料膜が形成されたマスクブランクスを用意し、前記マスクブランクの感光性材料への描画を複数回の全面にわたる光又は電子線による描画工程に分割し、形成しようとする感光性材料パターンの三次元構造設計値に基づいて求められた光透過量分布と前記マスクブランクの感光性材料の感度特性とに応じて、単位セルごとに描画回数を設定する多段階露光方法によることを特徴とする濃度分布マスクの製造方法。

【請求項 6】 前記描画の各描画工程ごとに焦点深さを異ならせる請求項 5 に記載の濃度分布マスクの製造方法。

【請求項 7】 前記描画の各描画工程ごとにビーム径を

異ならせる請求項 5 又は 6 に記載の濃度分布マスクの製造方法。

【請求項 8】 以下のステップ (A) から (E) を含んでいる請求項 5 から 7 のいずれかに記載の濃度分布マスクの製造方法。

(A) 濃度分布マスクを生成すべき領域を適当な形状及び大きさの単位セルにより隙間なく分割し、前記光透過量分布と、前記感度特性を数式化した感度曲線とに基づいて前記各単位セルの光透過領域又は遮光領域を決定するステップ、

(B) ステップ (A) で決定された光透過領域又は遮光領域に基づいて、CAD 上で各単位セルの描画回数、並びに各描画工程での焦点深度及びビーム径を計算し、データ化するステップ、

(C) ステップ (B) により求められたデータに基づいて、前記マスクブランクの感光性材料に照射を行なって描画するステップ、

(D) 露光後のマスクブランクスを現像して三次元構造の感光性材料パターンを形成するステップ、及び

(E) その感光性材料パターンをエッチングによって前記遮光膜に転写するステップ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、三次元構造の表面形状をもつ物品を製造する際に使用する濃度分布マスク（レチクル）と、そのような濃度分布マスクの製造方法に関するものである。この方法により製造される濃度分布マスクは特に微細な三次元構造の表面形状をもつ物品の製造に適しており、適用される技術分野としては、例えば光学部品製造分野、マイクロマシン分野、壁掛け TV 用ディスプレイ分野、液晶ディスプレイ分野、太陽電池製造分野などを挙げることができる。

## 【0002】

【従来の技術】光学素子の屈折面や反射面に、球面や非球面等に代表される特殊な面形状が使用されるようになってきている。また近年は液晶表示素子や液晶プロジェクタ等に関連して、マイクロレンズ等にも特殊な面形状が求められている。そこで屈折面や反射面を型成形や研磨によらずに形成する方法として、光学基板の表面にフォトリソ（感光性材料の代表例）の層を形成し、このフォトリソ層に対して二次元的な透過率分布を有する濃度分布マスクを介して露光し、フォトリソの現像によりフォトリソの表面形状として凸面形状もしくは凹面形状を得、しかる後にフォトリソと光学基板とに対して異方性エッチングを行ない、フォトリソの表面形状を光学基板に彫り写して転写することにより、光学基板の表面に所望の三次元構造の屈折面や反射面の形状を得ることが知られている（特開平 7-230159 号公報、特表平 8-504515 号公報を参照）。



【0003】そこでは、屈折面や反射面等の三次元構造の特殊表面形状を得るために用いられる濃度分布マスクとして、表面形状に対応して透過率が段階的に変化する二次元的な透過率分布を持った濃度分布マスク（グラデーションマスク（GM））が使用されている。

【0004】特表平8-504515号公報に記載されている濃度分布マスクでは、二次元的な透過率分布のパターンを形成するために、マスクパターンを光伝達開口と称する単位セルに分割し、各単位セルの開口寸法が、形成しようとするフォトリソパターンに対応した位置の高さに応じた光透過量又は遮光量となるように設定されている。その単位セルの遮光膜パターンは遮光膜が存在して光の透過率が0%の領域と、遮光膜がなくて光の透過率が100%の領域の2種類により構成され、光の透過率が0%の領域と光の透過率が100%の領域は互いに一方に寄せられてひとつの塊になるように配置されている。遮光膜パターンの最小寸法は露光に用いる光の波長よりも短くなるような超微細パターンである。また、その製造方法として電子ビーム（EB）照射による描画方法が採られている。

【0005】特開平7-230159号公報には、描画時のレーザー光照射光量を単位セル内で変更することによって、単位セル内の光透過量を変更することによる濃度分布マスクの製造方法が記載されている。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】特表平8-504515号公報に記載されている濃度分布マスクには次のような問題がある。

- ①EB描画に多大の時間を要する。即ち、濃度分布マスク製作に多大の労力、コストを要する。
- ②超微細描画が必要である為、専用の高価な描画装置が必要である。
- ③製作した濃度分布マスクを用いると、遮光膜のある領域とない領域との間で感光性材料に段差が露光され、滑らかな形状とならない。
- ④遮光膜パターンが超微細であるため、縮小露光時の光が回折を起こし易く、単位セル間の隣接効果が生じる。従って、多くのノウハウ蓄積が必要である。

【0007】特開平7-230159号公報に記載の濃度分布マスクの製造方法は、特表平8-504515号公報に記載されている発明に比較して、専用装置が不要であるため低コストで短時間で製作できる、滑らかな形状が製作できる、隣接効果が少ない、光の回折が生じないなどのメリットを有する。しかし、この方法は、単位セル毎にレーザーのパワー変調をする為の新規プログラムが必要で、このプログラムと描画形状プログラムを同期させる必要がある。また、描画のパターン形状が円形状に限られている。

【0008】そこで本発明は、上記従来例の問題点を解決すべく、透過率が滑らかに変化する濃度分布を有する

濃度分布マスクと、そのような濃度分布マスクを特別な装置を必要とすることなく安価に、しかも容易に、製作速度速く製作できる製造方法を提供することを目的とするものである。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の濃度分布マスクは、基板上に三次元構造の感光性材料パターンを形成するための工程で使用するものであって、露光に使用される領域は適当な形状及び大きさの単位セルにより隙間なく分割されており、少なくとも一部の単位セルはその光透過量又は遮光量が前記感光性材料パターンの対応した位置の高さに応じた値となるように設定された遮光パターンを備えている。その遮光パターンは単位セルの中心から周辺に向かって光透過率が変化して所定の光学濃度を有しているものとして行うことができる。単位セルの中心から周辺に向かって光透過率が変化する遮光パターンにすれば、近接する単位セルの隣接効果の影響を予測しやすいという効果や、光の回折が少ないといった効果を達成することができる。

【0010】遮光パターンは光透過部分の断面形状が滑らかに変化して光透過率が連続的に変化していることが好ましい。このような遮光パターンを備えた濃度分布マスクを用いて露光を行なうと、感光性材料に段差が形成されることがなく、滑らかな形状となる。また、遮光膜パターンが露光波長程度の超微細である必要がないため、縮小露光時の光が回折を起こすこともなく、また単位セル間の隣接効果も少ない。

【0011】また、遮光パターンは単位セルをグリッドに分割して、グリッド内の光透過率が不連続に変化して単位セル全体として所定の光透過量を有しているものとすることもできる。その際、光透過率が0%と100%の中間に位置する光透過率を有するグリッドを配置し、光透過率が不連続に変化して、かつ単位セルの総合的な光透過量を制御することによって、中間調を得ることのできるようになっていくことが好ましい。

【0012】本発明の濃度分布マスクの特徴は、所望の形状を形成するために光の透過量を全体的に制御することにある。そのため、遮光パターンは連続的に変化していてもよいし、不連続的に変化していてもよい。グリッドの寸法を小さくすることができるので、配置の方法として不連続（例えばランダム）に中間透過率をもつグリッドを配置することが可能となる。また、同じ透過率をもつグリッドを塊状として配置することもできる。この方式を進めると、連続した濃度分布配置となる。グリッド部分とはレーザービームや電子線（EB）による走査線上の一部分を指している。グリッドの1単位は、レーザーや電子線のビームの直径をON/OFFする最小時間内に走査する距離の積である。例えば、ビーム径0.2μm、ON/OFF時の走査距離0.2μmでは、単位グリッドは0.2μm×0.2μmである。

【0013】本発明の濃度分布マスク製造方法は、上に記載した濃度分布マスクに限らず、基板上に三次元構造の感光性材料パターンを形成するための工程で使用するものであれば全てその対象とする。本発明では、透明基板上に遮光膜が形成され、さらにその上に感光性材料膜が形成されたマスクブランクスを用意し、マスクブランクの感光性材料への描画を複数回の全面にわたる描画工程に分割し、形成しようとする感光性材料パターンの三次元構造設計値に基づいて求められた光透過量分布とマスクブランクの感光性材料の感度特性とに応じて、単位セルごとに描画回数を設定する多段階露光方法により濃度分布マスクを製造する。

【0014】より具体的に述べると、別途、所望の三次元構造設計が行われる。この設計に基づき、濃度分布マスクを製作する。具体的には、マスクブランクス上の感光性材料の感度特性と、所望の形状設計による単位セルの光透過量分布に応じて、感光性材料に直接照射するレーザー又は電子線による描画回数を多段階に設定する。ここで重要なことは、「描画回数を多段階に設定する」とは、ある「注目する単位セル上を走査するレーザー又は電子線が複数回通ることを意味する。つまり、描画の回数を設定するといっても単に多重書きすることを意味するので、特別の操作は必要としない。

【0015】多重書きの回数（頻度）は、感光性材料の種類によって異なるが、例えばポジレジストの場合には描画部分のレジストが現像で除去されるので、光透過量を多くしたいグリッド部分を多く露光するのである。各回の描画ではマスクブランクス上をレーザービーム又は電子線ビームが走査することにより全面を照射する。当然のことであるが、ネガレジストの場合には、遮光のグリッド部分を多く露光する。この制御をグリッド毎に、「描画回数」と「描画ON, OFF」で制御するのである。「描画回数」と「描画ON, OFF」で制御することは、多くの労力を要するように思われるが、低いパワーであれば高速のビーム走査が可能となる点、描画ON, OFFは簡単なプログラムで電氣的に高精度制御が可能である点、焦点位置変更（深度変更）も電氣的に容易に設定できる点、及び照射時のビーム径を変更することも電氣的に変更が容易である点から、この制御は非常に簡単であり、高速に描画することが可能である。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】本発明の濃度分布マスク製造方法は、図1に示されるように、以下のステップを備えている。

(A) マスクブランクスを単位セルに分割するステップ（ステップS1）。すなわち、所望の三次元形状から、マスクブランクスをグリッド状に分割して、得ようとする濃度分布マスクの二次元の光強度分布パターンをグリッド状に配列設計する。

【0017】(B) 加工プロセス条件及び感光性材料の

感度から決定される数式化された「感度曲線」に基づいて単位セルそれぞれの光透過領域又は遮光領域を決定するステップ（ステップS2）。

(C) 上記決定された光透過領域又は遮光領域を「各グリッド」に配置してCAD (Computer Aided Design) で必要な描画回数、焦点深度、ビーム径を計算し、データ化するステップ（ステップS3）。

【0018】(D) ステップ(C) のデータに基づいて、マスクブランクス上の感光性材料を所定の条件（焦点深度、ビーム径）で所定の回数だけ多数（多段階）回描画する（単位セルによって描画回数を変化させる）描画ステップ（ステップS4）。このステップは、図2

(a) ~ (d) 示されるように多段階描画する。ここでは、一例として4回に分けて描画をする場合を示しており、その4回のうちの必要な回数だけ描画することによりその単位セルの光透過量が決定される。最上部に

(A) として示されている図はこれら4回の全てを描画した場合の描画パターンである。

【0019】各回の描画は図2の右上に矢印で示されているような走査線にそって光ビーム又は電子線ビームを複数本同時に又は順次走査し、グリッド毎に、「描画ON, OFF」を制御することにより行なう。各回で描画領域が異なるように設定されている。

【0020】単位セル内の光透過率変化は、「中心から周辺に向かって変化する」場合もあるし、「単位セルをグリッドに分割し、そのグリッドにおいて光透過率が不連続に変化する」場合もある。グリッドに光透過率が0%と100%の中間の値を示す「中間透過率を有する部分」を配置することができる。つまり、0%と100%の中間の値を示す光透過率、例えば30%、50%、70%のような中間透過率を有する部分を配置することができる。

【0021】グリッドの寸法を小さくすることができるので、配置の方法として不連続（例えばランダム）に中間透過率をもつグリッドを配置することが可能となる。また、同じ透過率をもつグリッドを塊状として配置することもできる。この方式を進めると、連続した濃度分布配置となる。この場合、①中間階調を非常に細かくとることができるため単位セル寸法を飛躍的に小さくすることができる。②したがって、所望の形状が急激に変化する形状、すなわち勾配の急な形状でも容易に階調を形成することができる。③ランダム配置することによって隣接セルと光回り込み量を平均化できる、などの利点がある。

【0022】グリッドに光透過率が0%と100%の中間の値を示す「中間透過率を有する部分」を配置する例を図5に示す。ここでは、一辺1 $\mu$ mの単位セルを一辺0.2 $\mu$ mの5 $\times$ 5=25のセルに分割した。例えば、白、黒、30%、50%、70%の5段階の光透過率部分を配置した場合、全部白、又は全部黒の場合は階調と

はなり得ないので、この場合は4階調である。したがって、理論的には $25 \times 4 = 100$ 階調である。つまり、 $n$ 段階の濃度変化では、 $n-1$ 階調である。また、単位セルの分割数（グリッド数）によって階調は異なる。上の例では、グリッド数 $\times (n-1) = 25 \times 4 = 100$ である。グリッドの光透過率と階調の関係は、下の表1のように設定した。

(表1)

光透過率	階調数
100% (白)	0
70%	1
50%	2
30%	3
0% (黒)	4

【0023】図5では、(A) 30/100階調の単位セルと(B) 60/100階調の単位セルの光透過率配置を示している。(C)は0/100階調、30/100階調及び60/100階調を組み合わせた例を示したものであり、各グリッドの階調数を数値で示したものが図5(D)である。なお、図5の例は、乱数を発生させて各グリッド番地に光透過濃度分布を形成した場合である。

【0024】(E) ステップ(D)で描画されたマスクブランクスを現像・リンスして三次元の感光性材料パターンを得るステップ(ステップS5)。このステップで得られる感光性材料パターンの断面形状は、概念として図3(1)のようになるが、実際に現像した後の感光性材料パターンの断面形状は図3(2)に示されるように連続した膜厚分布をもったものになる。図3で、12はマスクブランクス材料基板、14は遮光膜(例えばCr膜)、16aはパターン化された感光性材料の概念的な断面図、16は現像後の感光性材料パターンの断面図である。

【0025】(F) その後、ドライエッチング又はウェットエッチングによって感光性材料パターン形状を遮光膜14に転写するステップ(ステップS6)。このステップで得られる遮光膜パターン14の断面形状は、図3(3)のように連続した膜厚分布をもったものになる。

【0026】得られた濃度分布マスクを用いて三次元構造の物品を製作するには、その濃度分布マスクを用い、縮小光学系露光機で、感光性材料が塗布された基板上に縮小露光する工程と、露光された感光性材料を現像しリンスして三次元構造の感光性材料パターンを形成する工程と、この感光性材料パターンをマスクとしてドライエッチング法でパターンを上記基板に転写する工程から構成される。また、上記縮小露光工程では、露光する際に焦点が感光性材料層表面から外れた状態のデフォーカス(焦点ボカシ)することが有効である。

【0027】この発明を特表平8-504515号公報(引例)に記載されている濃度分布マスクにおける単位

セルの考え方と比較すると、単位セルを透過する露光光線の光学濃度(オプティカル・デンシティ: OD値)は同様になるように描画回数、照射パワー、感光性材料層厚さ、遮光膜(例えばCr膜)厚さ、ドライエッチング選択比を設計している。即ち、引例の方法では図4の左側の図のように光透過量を光透過率が0%と100%の遮光膜によりデジタル的に変化させているのに対して、本発明では図4の右側に示した図のように光透過量を連続的(図では階段状に示しているが、図3で説明したようにに現像によって連続した膜厚分布となる。)に変化させている。この連続的な光透過量変化は、描画時の描画回数、照射エネルギー、及び感光性材料の感度によって描画後の感光性材料の断面形状(感光性材料の厚さ分布)を変化させることによって実現されたものである。図4で、上側が単位セルの平面図、下側が断面図である。

【0028】単位セル内の光透過率変化は、図3の例のように「中心から周辺に向かって変化する」場合もあるし、図5に示したように、「単位セルをグリッドに分割し、そのグリッドにおいて光透過率が不連続に変化する」場合もある。

【0029】以上の感光性材料層の厚さ変化をドライエッチングによってその下の遮光膜(例えばCr膜)に転写する。この工程によって、上記露光条件の変化が遮光膜の膜厚差の変化、すなわち光透過量の変化になって現れる。

【0030】上記の描画回数と照射エネルギーは、予め別途用意したシミュレーションによって決定する。つまり、予め遮光膜厚と光透過量の関係をグラフ化し数式化しておく。そして、単位セルの光透過量(O.D.)の集合が所望の形状を表わすように各単位セルの光学濃度量を決定し、次いでその光学濃度になるように中心から光透過量の分布を設定する。このように、単位セルの中心から光透過量を設定する場合には、中心から連続的に変化する光透過量分布を製作することができる。また、不連続に変化する光透過量分布を製作することもできる。中間的な光透過率をもつグリッドの配置では、不連続な光透過量分布ではランダムな配置もできるし、一塊になるように配置し部分的に連続するように配置することもできる。中心又は周辺から一方向に変化する場合、連続的な変化となる。

【0031】以上によって、引例方法の最大の欠点である①製作時間が掛かる、コストが高い、②隣接効果(光の回り込み)が生じる、③パターン配置の向き(同じパターンでも光透過部分がどこに配置されているか: 同じ形状でも右向きか左向きか)で製作形状が異なる、④光の回折が大きく、回折量の予測が難しい、などの問題点を解決できる。本発明の製造方法を用いれば、連続的に変化する濃度分布を有するマスクを特別な装置を必要とすることなく安価に、しかも容易に、製作速度速く、製

10

20

30

40

50

作することが可能となる。

### 【0032】

#### 【実施例】（実施例）

（単位セル内の形状と配置、及び「光透過」、「光遮光」グリッドの形状と配置）単位セル内の形状と配置、及び「光透過」、「光遮光」グリッドの形状と配置について説明する。以下に示す例は、代表的な例を示したものであり、単位セルの寸法、グリッドの寸法、基点の位置や寸法等は、所望の形状に対応して設計されるべきもので、本実施例に限定されるものではない。即ち、各単位セルとグリッドの寸法によって階調数が決定されるので、これらの寸法は、目的形状と目的階調によって決定するものである。

【0033】図6には、単位セル形状を変更する場合の代表例として、多角形の単位セルの中心に光を透過する丸形状パターンを製作する例を示した。この多角形形状は、「所望の形状を上方向から見た際に、上方から多角形の網を覆いかぶせる方法」で形状を決定する。所望の形状に応じて、すなわち、例えば、なだらかな曲面が続く場合、不連続な面で構成される場合など階調の変化量によって、濃度分布マスク特性を発現する「最も効果的な多角形」及び「その組み合わせ」を選択することで最適な形状を決定することができる。また、同様に単位セルの寸法も所望の形状に対して必要な階調をどの程度微細にとるかにより決定される。即ち、短い距離で多くの階調を必要とする時には、比較的小さな寸法の単位セルを選択し、グリッド寸法（ビーム径の変更で容易に変更できる）をできるだけ小さくするのが望ましい。

【0034】図7には、MLA（マイクロレンズアレイ）の濃度分布マスクの単位セル配置の例を示した。ここでは中心部分に配置する単位セルの組み合わせパターンの例を示している。（ア）は中心部分に配置する単位セルの組み合わせパターンの例、（イ）は周辺部分に配置する単位セルの組み合わせパターンの例を示している。いずれも実線で示されているのが単位セルで、破線の矢印はその方向にも単位セルが配置されていることを示している。

【0035】（ア）はMLAの中心付近に配置するため、所望の形状はなだらかな曲線形状である。このため階調数はさほど必要としない。したがって、寸法の比較的大きい単位セルで構成し、放射線状に単位セルを配置している。

（イ）は周辺部分に配置するため、所望の形状は急激に変化する曲面形状である。このため階調数は多くを必要とする。したがって、MLAの四隅に近づくにつれて寸法の小さな単位セルで構成しドット寸法も小さくする必要がある。また、単位セルの形状も四角形だけでなく、三角形のものも配置し、単位セル内でのドットの位置を変更することにより光透過量の隣接効果に対処しやすくなっている。

【0036】図8は、代表的な単位セル内の光透過領域又は遮光領域の増加又は減少の起点となる初期パターンの位置の違いと、光透過量又は遮光量を変化させる方法を示している。いずれも最も外側の正方形が単位セルを表わし、内側の正方形はそれぞれ光透過領域又は遮光領域を表わしている。ここでは単位セルの中央に起点がある配置を表わしている。（A）では単位セルの中央に起点があり、（B）では四隅のいずれかに起点が配置されていることを表わしている。

【0037】図9は、光を透過する開口部（Crがない部分）を増加させていく例を示している。特に説明はしないが、光透過面積を減少させていく場合も同様である。図9（ア）は螺旋状に中心から面積を増やす方法であることの例を示している。この例は、ある単位セルNo.からのドットの増加方法の代表例を示している。また、ある代表的な1ドットずつの増加方法あるいは減少方法を示している。したがって、ここに示したドットの中心に配置した初期四角形状の寸法やドット寸法はモデル的なものであり、本発明では正方形に限定されるものではなく、長方形、三角形等の多角形でも構わない。また、当然のことながら楕円形状を含む円形状でもよい。図9（イ）は単位セルが正六角形の場合の例を示している。この場合は、斜線部で示されるドットは円であり、その大きさを変えることにより透過量又は遮光量が変化していく。

【0038】図には示していないが、描画時のレーザービーム径や電子線ビーム径は、装置に固有の値である場合や変更が可能な場合など色々であるが、基本的にはどの装置でも変更が可能である。レーザーの場合には印可する電流値やアパチャーを変更することによって、電子線描画の場合には加速電圧を変更することによって変更ができる。これを利用して所望の形状の寸法、精度、階調数などから最適のビーム径を決定する。基本的にはビーム径が細いほうが良いが細いほど描画に時間が掛かる傾向にある。

【0039】また描画時の焦点深さは、ビーム径や断面形状との関係が深い。ビーム径が大きい時には焦点深さの変更はさほど重要ではないが、細い場合には重要となる。焦点深さを変更することで断面形状を滑らかにすることが可能となる。焦点深さの変更は、断面形状や感度曲線など入力時のインプットデータであり、設計時に決定されるものである。

【0040】（濃度分布マスクの設計）マイクロレンズの隣接間隔を限りなく零に近づけた微小ピッチMLAの例を示す。液晶プロジェクタ用MLAにおいて、0.9" - XGA用の画素サイズは、 $1.8\mu\text{m} \times 1.8\mu\text{m}$ である。このMLAにおいては、レンズの両側に各 $1\mu\text{m}$ ずつのレンズ非形成部がある場合は、 $1.7\mu\text{m} \times 1.7\mu\text{m}$ のマイクロレンズ領域となり、全体の面積に占めるMLA面積は、 $1.7 \times 1.7 / 1.8 \times 1.8 = 2.89 / 3.24$

=0.892となり、MLAで全ての光を有効に集光することができても89パーセントの集光効率でしかない。即ち、MLAの非形成部の面積を小さくすることが光利用効率を向上させるには重要である。

【0041】具体的には、1/5倍（縮小の）ステッパを用いる場合、実際に製作した濃度分布マスクレチクルパターン寸法は、 $90\mu\text{m}\times 90\mu\text{m}$ である。この1個のMLAを $3.0\mu\text{m}$ の単位セルに分割し縦×横=30×30（個）=900（個）の単位セルに分割する。

【0042】次に、中央部の2×2単位セル（濃度分布マスク濃度分布マスク上では $6\mu\text{m}\times 6\mu\text{m}$ 、実際のパターンでは $1.2\mu\text{m}\times 1.2\mu\text{m}$ ）にはセルNo.1番（クロム全部残り）を配置する。また、レンズ四隅部分はセルNo.80番（クロム残り部分なし）を配置する。この間のNo.1～No.80のセルには、各「階調」に対応する「開口面積」を対応させる。この関係は、露光プロセスとレジスト感度曲線から得られる関係である。勿論、レジスト材料やプロセスが異なればその都度感度曲線を把握する必要がある。このようにして、MLA濃度分布マスク濃度分布マスクのCADデータを20作成する。本件実施例では、感度曲線とCr膜厚さと光透過率の関係からの式を用いてCADプログラムを製作した。

【0043】（濃度分布マスクの製作）上記のようにして作成したCADデータを図10に示すレーザー光照射装置（リコー光学株式会社製）を用いてレーザー光を照射しレジスト材料に描画を行なった。このレーザー光照射では、所望の形状に応じて最適のビーム形状を決定し、多角形状や円形状などをアパチャーで整形することができる。また、レーザーパワーは、レーザーに供給30する電流値を変更するか、または光出射側に減光フィルターを挿入して変更しても良い。

【0044】図10に示すレーザー光照射装置は、レーザー光発振装置1、レーザー光発振装置1からのレーザー光を複数のレーザー光に分割するビームスプリッター2、レーザー光の光路を折り曲げるミラー3、ミラー3で折り曲げられたレーザー光を変調する光変調器4、データバスからの信号により光変調器4を制御して個々のレーザー光のON・OFFを制御する光変調制御装置5、光変調器4からのレーザー光を偏向する光偏向器6、レーザー光をレジスト材料層に集光するための対物レンズ7、載置されたマスクブランクスをX方向及びY方向に移動するX-Yステージ8、並びに光偏向器6の動作とX-Yステージ8の動作を制御する制御装置9などの主要構成部品から構成されている。

【0045】このレーザー光照射装置は、設計データに応じてX-Yステージ8の動作と、個々のレーザー光のON・OFF及び偏向を制御することにより、マスクブランクのレジスト材料層に所望のマスクパターンを描画する。すなわち、このレーザー光照射装置によりレジ50

スト材料層にレーザー光を照射して各単位セル毎に光透過領域又は遮光領域を所望の透過率分布になるように二次元的にパターン形成を行なう。また基板表面高さ検出器（AF機能）が付属しており、AF面から僅かにずらすことによって焦点位置を変更している。

【0046】レーザービーム径は本実施例では直径0.2 $\mu\text{m}$ 、位置あわせ精度0.05 $\mu\text{m}$ 、焦点位置精度0.1 $\mu\text{m}$ で行った。描画時のレーザーパワーの微小な変更は行なわず、全体を一度パワー1/4程度の低い露光パワーで全面露光した後に、設計に応じて更に必要な部分を2度、3度、4度と重ね露光（多段階描画）する。これによって、露光時のエネルギーの制御と感光性材料の深さを変更している。尚、単位セル形状とグリッド形状は目的とする製品により適当なものを選択すればよい。

【0047】上記のようにして作成したCADデータを図10に示したレーザー光照射装置にインストールして、X-Yステージとレーザー光のON・OFF及びビーム照射位置と描画回数を制御しながら、所定の方法でマスクブランクスに露光した。そして、所定の方法で現像、リンスを行なってレジスト材料層をパターンニングした。その後、ドライエッチングにてCr膜のパターンニングを行なった。レーザービーム描画方法を用い、ビーム描画回数を制御することで電子線描画方法よりも高い再現性を得ることができる。描画領域が円形の場合には、レーザービーム描画方法は描画領域の直径が0.2 $\mu\text{m}$ 以上のときは非常に高い再現性を得ることができる。描画領域の直径が0.2 $\mu\text{m}$ より小さくなると再現性が悪くなってくるが、電子線描画方法では描画領域の寸法が0.5 $\mu\text{m}$ より小さくなると再現性が悪くなるのに比べると、再現性が格段に優れている。但し、本件発明では、レーザーでも電子線描画でも実現できる。

【0048】「隣接効果」の予測は単位セルの形状と濃度変化方法に依存する。単位セル形状が正方形や長方形の場合には円形状のドットにより正確に描画できるため、隣接効果を計算で予測することができる。以下の具体例ではドット形状を円形状（中心から同心円状にレーザー光照射部分を増やしていく方式）を用いてCADプログラムを作成した。このようにして、目的とする開口寸法を有し、かつ濃度分布を有する濃度分布マスク濃度分布マスクを製作した。

【0049】（濃度分布マスク製作の具体例）

液晶用MLAの製作：濃度分布マスク濃度分布マスクを製作するに当たり、感光性材料であるレジスト材料として、ポジ型レジスト材料のTGMR-950BE（東京応化（株）の製品）を用いた。濃度分布マスクは、正方形に分割された単位セルで構成され、各単位セル内の光透過量又は遮光量が制御されたものとした。勿論、所望の形状に応じて最適の単位セルを決め最適なドットで製作すればよい。ここでは説明を簡単にするために、正方

形で説明する。光透過量の制御方法は、①Cr開口面積の制御、②Cr膜厚の制御、③①と②の組み合わせ方法がある。ここでは、③の方法を採用した。

【0050】別途用意してある「単位セルパターンNo.と感光性材料の除去膜厚（残る膜厚でも良い）関係」、「Cr膜厚さと光透過量の関係」、「描画回数と感光性材料の除去膜厚（残る膜厚でも良い）」、「光学濃度とCrパターン」、「光学濃度とCr膜厚分布」などのデータから設計シミュレーターで所望の形状を製作するための濃度分布マスク単位セル配置を設計する。

【0051】濃度分布マスクを製作するために、透明ガラス基板上に例えば150nm厚さのCr膜を成膜し、その上に上記のレジスト材料を塗布する。そのレジスト材料に図10のレーザー照射装置を用いてレーザー光を照射し描画を行なった。その後、現像とリンスを経てレジスト材料層にマスクパターンを形成し、そのレジストパターンをエッチングマスクとしてCr膜をドライエッチングすることにより、Cr膜をパターン化し、濃度分布マスクを製作した。

【0052】出来上がった濃度分布マスクは、図3(3)に示したように光透過率変化が連続している単位セルが全面に並び、全体として濃度分布したもの、又は図5に示したようにグリッドの光透過率変化がランダム配列である単位セルが全面に並び、全体として濃度分布したものである。

【0053】このような濃度分布マスクを用いて露光を行なうと、図11に示されるように、その透過光の光強度分布は中央部で少なく、周辺部で多くなるような形状になる。そのため、この濃度分布マスクを用いてポジ型の感光性材料を露光すると、現像後に得られる感光性材料パターンの断面形状は中央部で厚く、周辺部で薄くなった凸状となる。

【0054】（液晶用微小寸法MLA製作の具体例1）上記液晶用微小寸法MLA製作の濃度分布マスク濃度分布マスクを用い、図12に示す縮小投影露光装置（1/5ステッパー）を使用して露光を行なって、レジストパターンを形成し、それを光学デバイス用材料に転写して製作した液晶プロジェクタ用MLAの例を述べる。

【0055】まず、その縮小投影露光装置の説明を行なう。光源ランプ30からの光は、集光レンズ31により集光され、本発明により製作された露光用マスク32を照射する。マスク32を透過した光は、縮小倍率の結像レンズ33に入射し、ステージ34上に載置された光学デバイス用材料37の表面に、マスク32の縮小像、即ち、透過率分布の縮小像を結像する。光学デバイス用材料37を載置したステージ34は、ステップモーター35、36の作用により、結像レンズ33光軸に直交する面内で、互いに直交する2方向へ変位可能であり、光学デバイス用材料37の位置を、結像レンズ33の光軸に対して位置合わせできるようにになっている。

【0056】結像レンズ33によるマスク32の縮小像を、光学デバイス用材料37のフォトリソ層表面に結像させる。この露光を、光学デバイス用材料37の全面にわたって密に行なう。液晶プロジェクタ用MLAを製作するために、ネオセラム基板を用意し、この基板上に前述のTGMR-950BEレジストを8.56μmの厚さに塗布した。次にホットプレートで、100℃にてベーク時間180秒でプリベークした。

【0057】この基板を図12の1/5ステッパーで露光した。次のような露光条件①から③を連続して行なった。

①デフォーカス：+4μm、光照射量：390mW×0.44秒

②デフォーカス：+2μm、光照射量：390mW×0.44秒

③デフォーカス：+0μm、光照射量：390mW×0.13秒

この条件では、総合露光量は、光照射量390mW×1.02秒（照度：394mJ）である。ここで、デフォーカス量の表示の+の符号は、焦点がレジスト表面の上方にあることを意味している。

【0058】この条件で露光後、PEB（ポスト・エキスポージャー・ベーク）を60℃にて180秒実施した。次いで、感光性材料の現像、リンスを行なった。その後、紫外線硬化装置にて180秒間紫外線を照射しながら真空引きを実施して、レジストのハードニングを行なった。紫外線硬化装置は、レジストの露光に使用する波長よりも短波長でレジストを硬化させることのできる波長を照射する。この操作によって、レジストの耐プラズマ性は向上し、次工程での加工に耐えられるようになる。このときのレジスト高さは7.5μmであった。デフォーカスの効果によって、特段の段差を生じることなく形状を製作することができた。

【0059】その後、上記基板をTCP（誘導結合型プラズマ）ドライエッチング装置にセットし、真空度：1.5×10<sup>-3</sup>Torr、CHF<sub>3</sub>：5.0sccm、CF<sub>4</sub>：50.0sccm、O<sub>2</sub>：15.0sccm、基板バイアス電力：600W、上部電極電力：1.25kW、基板冷却温度：-20℃の条件下でドライエッチングを行なった。またこの時、基板バイアス電力と上部電極電力を経時的に変化させ、時間変化と共に選択比が小さくなるように変更しながらエッチングを行なった。基板の平均エッチング速度は、0.67μm/分であったが、実際のエッチング時間は、11.0分を要した。エッチング後のレンズ高さは、5.3μmであった。

【0060】（液晶用微小寸法MLA製作の具体例2）ここでは非球面形状のMLAを製作した。上記の液晶用微小寸法MLA製作の具体例1と同じ濃度分布マスク濃度分布マスクを用い、ステッパー装置での露光条件を変えて行なった。次のような露光条件①から④を連続し



て行なった。

①デフォーカス： $+3\mu\text{m}$ 、照射量： $390\text{mW}\times 0.16\text{秒}$

②デフォーカス： $+2\mu\text{m}$ 、照射量： $390\text{mW}\times 0.23\text{秒}$

③デフォーカス： $+1\mu\text{m}$ 、照射量： $390\text{mW}\times 0.23\text{秒}$

④デフォーカス： $+0\mu\text{m}$ 、照射量： $390\text{mW}\times 0.30\text{秒}$

この条件では、総合露光量は、照射量 $390\text{mW}\times 0.92\text{秒}$ （照度： $359\text{mJ}$ ）である。

【0061】この条件で露光後、感光性材料のPEB、現像、リンスを行なった。次いで、液晶用微小寸法MLA製作の具体例1と同じ条件でレジストのハードニングを行なった。このときのレジスト高さは $7.7\mu\text{m}$ であった。デフォーカスの効果によって、特段の段差を生じることなく形状を製作することができた。その後、上記基板をTCPドライエッチング装置にセットし、液晶用微小寸法MLA製作の具体例1での条件のうち、 $\text{O}_2$ を $15.0\text{sccm}$ から $0.9\text{sccm}$ へ変更してドライエッチングを行なった。基板の平均エッチング速度は、 $0.55\mu\text{m}/\text{分}$ であったが、実際のエッチング時間は、 $14.0\text{分}$ を要した。エッチング後のレンズ高さは、 $7.4\mu\text{m}$ であった。この具体例2によって製作したMLAは、具体例1で作成したMLAよりも焦点距離が短いMLAを実現することができた。

【0062】

【発明の効果】本発明では、マスクブランクスの感光性材料への描画を複数回の全面にわたる描画工程に分割し、形成しようとする感光性材料パターンの三次元構造設計値に基づいて求められた光透過量分布とマスクブランクスの感光性材料の感度特性とに応じて、単位セルごとに描画回数を設定する多段階露光方法により濃度分布マスクを製造するようにしたので、縮小光学系露光で三次元方向に光透過量濃度分布を有するアナログマスクを特別な装置を使用することなく、高速度に安価に製作できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の濃度分布マスク製造方法を示すフローチャート図である。

【図2】 多段階描画を示す図で、(a)～(d)は各回の描画領域、(A)はこれら4回の全てを描画した場合の描画パターンである。

【図3】 描画されたマスクブランクスの現像・リンスから遮光膜のエッチングの工程を示す単位セルの断面図である。

【図4】 引例の方法と本発明の方法を比較する単位セルの断面図である。

【図5】 単位セルをグリッドに分割して光透過濃度分布を形成した例を示した単位セル光透過率配置を示す図であり、(A)は $30/100$ 階調の単位セル、(B)は $60/100$ 階調の単位セル、(C)は $0/100$ 階調、 $30/100$ 階調及び $60/100$ 階調の単位セルを組み合わせた例を示したものである。

【図6】 6種類の単位セル形状の例を示す図である。

【図7】 MLAの濃度分布マスクに配置される単位セルの例を示す図である。

【図8】 単位セル内の光透過領域又は遮光領域の増加又は減少の起点となる初期パターンと光透過量又は遮光量を変化させる方法を示す図である。

【図9】 単位セル内の光透過領域又は遮光領域を増加又は減少させる方法を示す図で、(ア)は単位セルが長方形の場合、(イ)は単位セルが正六角形の場合の例である。

【図10】 濃度分布マスク濃度分布マスクの製作に用いるレーザー照射装置の一例を示す概略構成図である。

【図11】 一実施例の濃度分布マスクを用いて露光を行なったときの透過光の光強度分布と得られるポジ型感光性材料パターンの断面形状を示す図である。

【図12】 縮小投影露光装置の一例を示す概略構成図である。

【符号の説明】

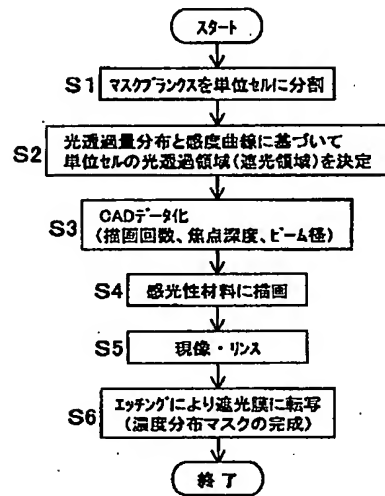
12 マスクブランクスの材料基板

14 遮光膜

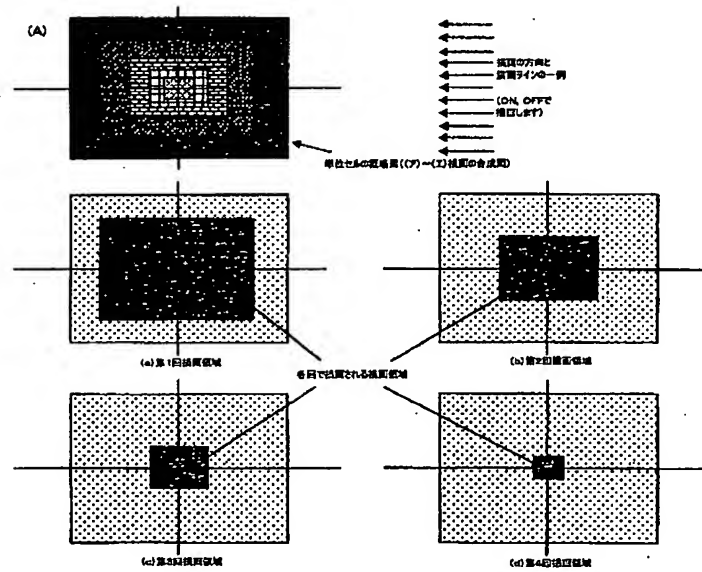
16 現像後の感光性材料パターンの断面図



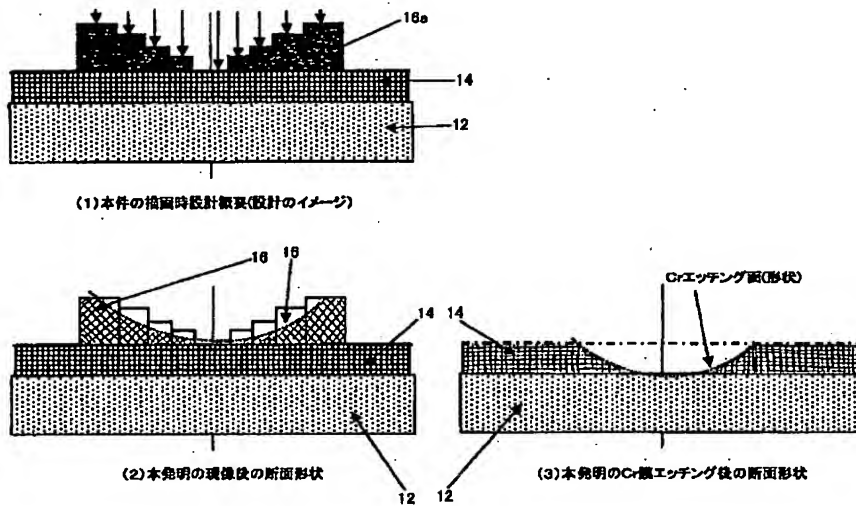
【図1】



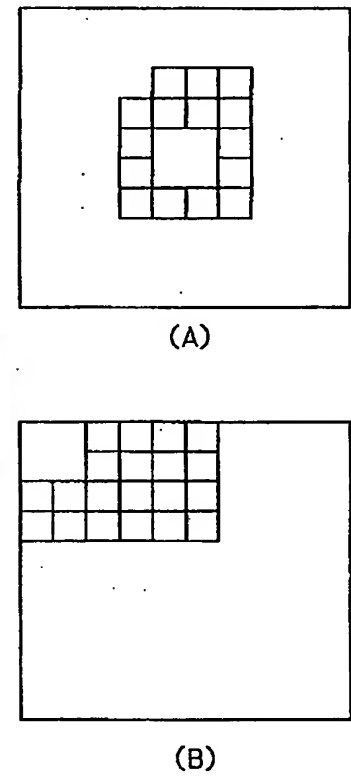
【図2】



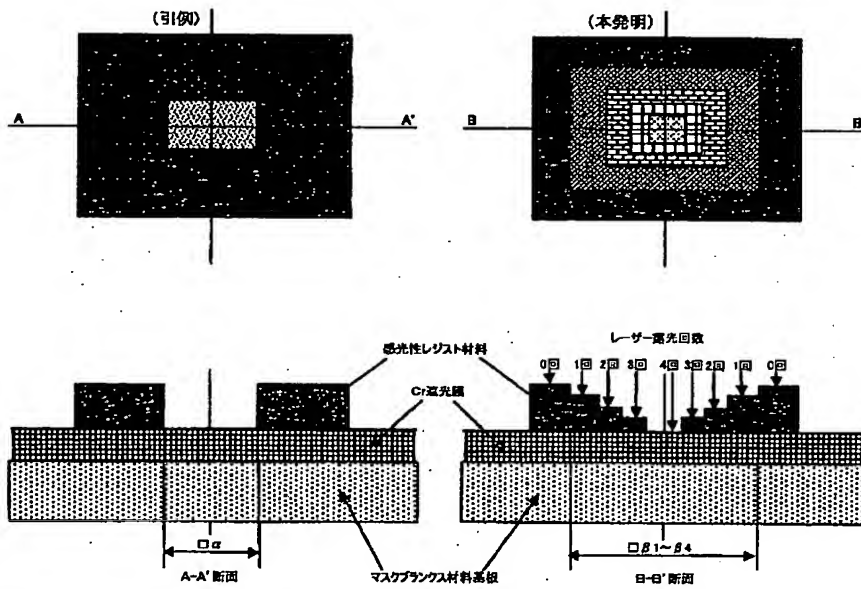
【図3】



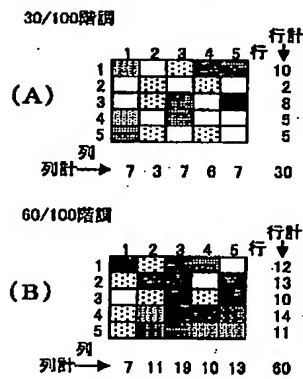
【図8】



【図4】

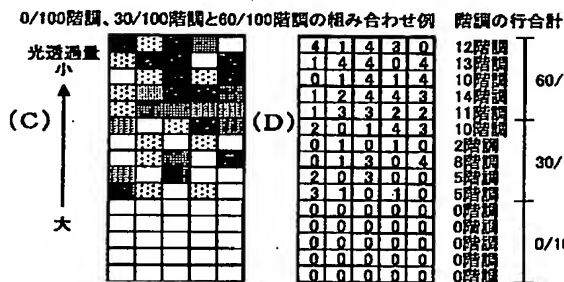
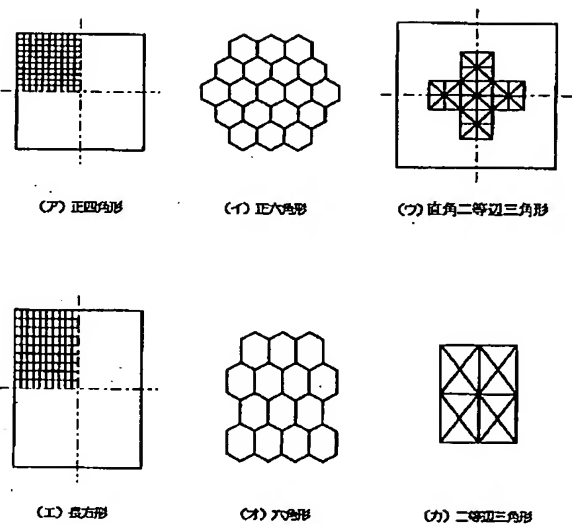


【図5】

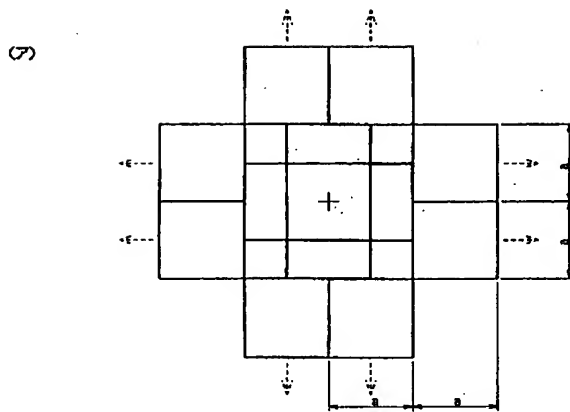


【図6】

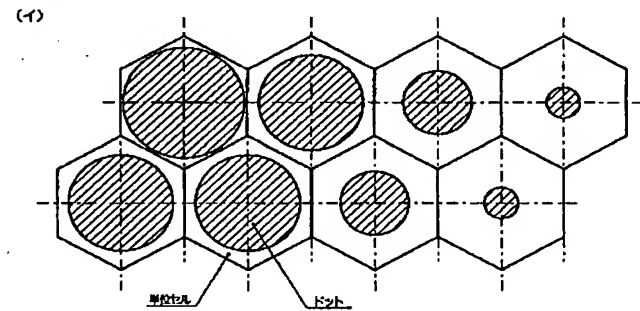
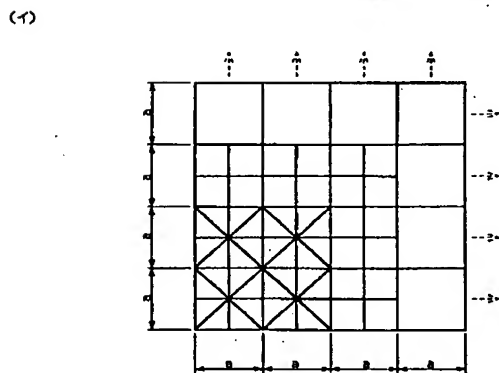
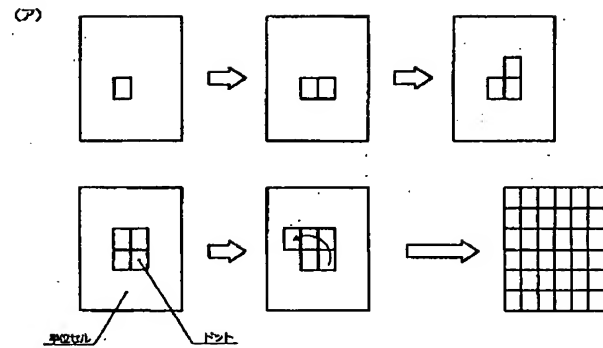
【多角形の型】



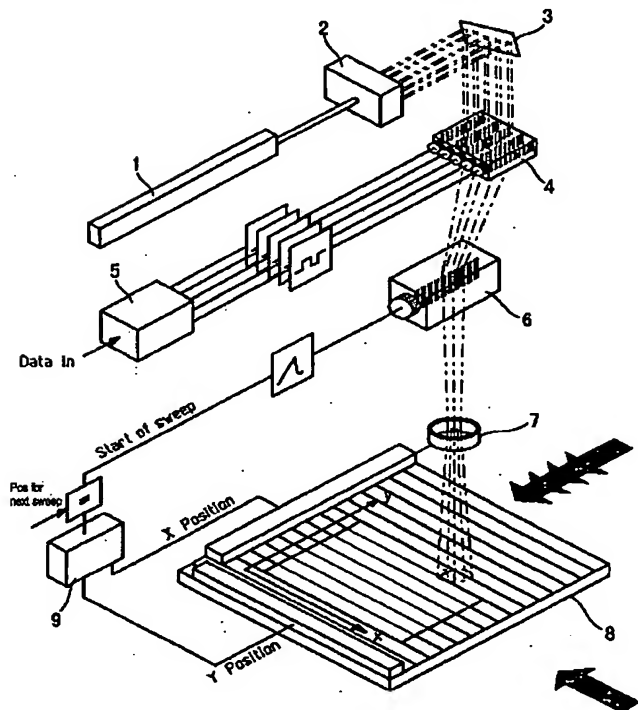
【圖 7】



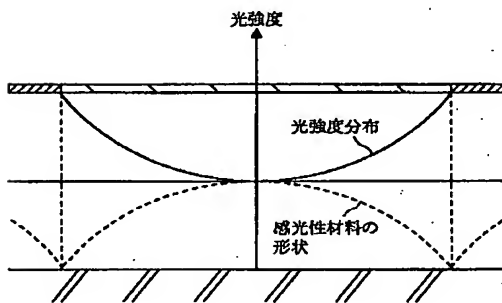
【図9】



【図 10】



【図 1 1】



【図12】

